ASESOR INTERNO:

M.C. MARIO ALBERTO DE LA CRUZ PADILLA.

ASESOR EXTERNO:

ING. HUGO ÁLVAREZ PATIÑO.

PROYECTO:

MANUAL PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO.

PRESENTA:

ITZEL EFIGENIA HERNÁNDEZ DÍAZ.

No. DE CONTROL:

13270515.

PERÍODO:

AGOSTO-DICIEMBRE 2017.

EL MARQUÉS, QUERÉTARO, MÉXICO. ENERO 2017.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por permitirme vivir llegar a ésta etapa de la vida y por darme la dicha de haber concluido con ésta meta, y por sus infinitas bendiciones. Porque es quien me ha dado todo y sin Él nada sería.

A mi mamá Idalia, por darme su confianza y su amor; por apoyarme en cada instante en la que la necesité.

A mi familia, por ser parte de mi vida y de alentarme a seguir adelante a pesar de las circunstancias.

A mis seres amados y queridos, por darme de su apoyo.

Al ITTG ya que me ha brindado los medios para poder ser una estudiante de la carrera de la cual me siento orgullosa.

A mis profesores, incluyendo los que me enseñaron a leer, a escribir; por compartir con todos nosotros sus conocimientos y apoyarnos en las dudas que nos surgieran.

A mis amigos, porque son como unos hermanos y por ayudarnos a cumplir ésta meta más.

A mis compañeros, que siempre hay alguien de quien aprender algo nuevo.

Al personal que labora en el ITTG, por tan noble labor, de ayudar a cumplir sueños de muchas personas.

A la empresa Siebenwurst Cad Cam Solution (SCM), por brindarme su apoyo y abrir sus puertas para que realizara éste proyecto; por brindarme nuevos aprendizajes para el entorno laboral y profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 9

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL PROYECTO 11

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PUESTO DE TRABAJO 11

1.1.1 ACERCA DE LA EMPRESA. 11

1.1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE SCM. 12

1.1.3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ. 13

1.1.4 CONOCIMIENTO DEL PRODUCTO. 14

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.3 JUSTIFICACIÓN 16

1.4 OBJETIVOS 16

1.4.1 OBJETIVO GENERAL. 16

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 16

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO. 18

2.1 TROQUELADO 18

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS TROQUELES 19

2.2.1 PROCESO DE TRANSFORMACIÓN. 20

2.2.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS. 21

2.2.3 CICLOS DE PRODUCCIÓN. 29

2.3 TIPOS DE TROQUELES 30

2.4 ELEMENTOS DE LOS TROQUELES 32

2.4.1 BASE SUPERIOR. 33

2.4.2 BASE INFERIOR 38

2.4.3 SUFRIDERA SUPERIOR 41

2.4.4 SUFRIDERA INFERIOR 43

2.4.5 PLACA MATRIZ O MATRICES. 43

2.4.6 REGLAS DE GUIADO DE CHAPA 46

2.4.7 PISADOR O PRENSA CHAPAS (PLACA GUÍA PUNZONES) 48

2.4.8 PLACA PORTA PUNZONES 51

2.4.9 CENTRADORES 52

2.4.10 PUNZONES 59

2.4.11 SISTEMAS DE GUIADO 68

CAPÍTULO 3: ACTIVIDADES DESARROLLADAS 73
3.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE TRABAJO. 73
3.2 CAPACITACIÓN. 79
3.3 MANUAL PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN 81
DE UN TROQUEL PROGRESIVO. 81
3.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD. 82
3.3.2 CREACIÓN DEL MÉTODO PLAN. 82
3.3.3 ANTEPROYECTO. 88
3.3.4 DISEÑO O MODELO 3D. 91
3.3.5 FABRICACIÓN. 95
3.3.6 ENSAMBLE Y AJUSTE. 99
3.3.7 PRIMERAS PRUEBAS. 101
3.3.8 AJUSTE FINO (ACABADO DE PRODUCTO). 101
3.3.8 SEGUNDAS PRUEBAS Y TERMINADO DE PIEZA. 102
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS. 103
4.1 ANÁLSIS DE LA PROPUESTA. 103
4.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MANUAL. 103
4.3 INFORME DE RESULTADOS. 104
CONCLUSIONES 108
RECOMENDACIONES 109
ANEXO A: Tablas de materiales. 111
..... 112
ANEXO B: Tabla de resistencia a la rotura y al corte de los materiales laminados. 116
ANEXO C: Tabla de resistencia a la rotura y al corte de los materiales laminados (N/$mm2$). ... 117
ANEXO D: Calibres de chapas metálicas. 118
ANEXO E: Elementos del troquel progresivo y sus características de construcción. 119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 126

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Vista de la parte interior de un coche. 11
Ilustración 2.- Pieza terminada por molde de inyección. 12
Ilustración 3.- Troquel progresivo en ZW3D. 14
Ilustración 4.- Proceso de mecanizado. 14
Ilustración 5.- Proceso de transformación de la pieza para el troquel progresivo. 15
Ilustración 6.- Montaje y funcionamiento del troquel 18
Ilustración 7.- Operaciones de troquelado. 19
Ilustración 8.- Operaciones de troquelado. 19
Ilustración 9.- Troqueladora manual. 20
Ilustración 10.- Troqueladora automática. 21
Ilustración 11.- Matriz de puente. 22
Ilustración 12.- Matriz con pisador. 23
Ilustración 13.- Vista de una matriz progresiva con pisador. 23
Ilustración 14.- Matriz coaxial 24
Ilustración 15.- Piezas terminadas con la matriz coaxial 24
Ilustración 16.- Fixture para el sistema de escape en autos 25
Ilustración 17.- Base superior con correderas. 26
Ilustración 18.- Placa corredera. 26
Ilustración 19.- Correderas. 27
Ilustración 20.- Proceso de troquelado por corte fino. 28
Ilustración 21.- Matriz progresiva. 29
Ilustración 22.- Troquel para el proceso de embutido. 30
Ilustración 23.- Matriz compuesta. 31
Ilustración 24.- Matriz progresiva. 31
Ilustración 25.- Matriz transferizada. 32
Ilustración 26.- Elementos principales de un troquel. 33
Ilustración 27.- Troquel, base superior e inferior. 34
Ilustración 28.-Aceros F111 y F112. 35
Ilustración 29- Esquema básico de un ensayo de dureza Brinell. 35
Ilustración 30.- Identación 35
Ilustración 31.- Armazón de un troquel. 38
Ilustración 32.- Porta matriz 39
Ilustración 33.- Base inferior o armazón 39
Ilustración 34.- Base inferior. 41
Ilustración 35.- Sufridera. 42
Ilustración 36.- Placa matriz. 44
Ilustración 37.- Placa matriz- cajera. 44
Ilustración 38.- Ejemplos de matrices segmentadas 45
Ilustración 39.- Reglas guía 46
Ilustración 40.- Rebajes para reducir el contacto con reglas guía. 47
Ilustración 41.- Matriz progresiva con reglas fijas. 47
Ilustración 42.- Cilindros guía retráctiles 48

Ilustración 43.- Matriz sin pisador. 49
Ilustración 44.- Matriz sin pisador con placa guía. 49
Ilustración 45.- Matriz con placa guía pisador 50
Ilustración 46.- Placa porta punzones. 52
Ilustración 47.- Pilotos centradores. 52
Ilustración 48.- Correcto centrado de banda. 53
Ilustración 49.- Pilotos centradores. 53
Ilustración 50.- Pilotos en punzón para simetría de piezas. 54
Ilustración 51.- Pilotos para centrar la banda y las piezas. 54
Ilustración 52.- Pilotos centrados retráctiles (por muelle). 55
Ilustración 53.- Piloto centrador montado en un pisador-extractor inferior. 56
Ilustración 54.- Pilotos centradores montados en un punzón de doblar. 56
Ilustración 55.- Centrador montado en un punzón. 57
Ilustración 56.- Reducción de ajuste. 57
Ilustración 57.- Ajuste y clavamiento de centrador. 57
Ilustración 58.- Roscado de centrador. 58
Ilustración 59.- Punzones. 59
Ilustración 60.- Punzón de cabeza forjada. 60
Ilustración 61.- Punzón de cabeza mecanizada. 61
Ilustración 62.- Punzón de corte talonado. 62
Ilustración 63.- Punzón con reacción sujetada mediante tornillos. 62
Ilustración 64.- Punzón sujetado mediante chavetero. 62
Ilustración 65.- Punzón adherido en la matriz (parte inferior). 63
Ilustración 66.- Punzón adherido en la matriz (parte inferior) sin pisador. 63
Ilustración 67.- Punzón envainado. 64
Ilustración 68.- Punzones atornillados. 64
Ilustración 69.- Punzón sujetado por pasadores. 65
Ilustración 70.- Punzones de cambio rápido. 65
Ilustración 71.- Funcionamiento de los punzones de cambio rápido. 65
Ilustración 72.- Desplazamiento de la esfera. 66
Ilustración 73.- Punzón de cambio rápido. 66
Ilustración 74.- Cambios de perfil para aumentar la resistencia en los punzones. 66
Ilustración 75.- Punzón soldado. 67
Ilustración 76.- Punzones mecanizados. 67
Ilustración 77.- Punzones mecanizados o erosionados. 67
Ilustración 78.- Punzones de paso. 68
Ilustración 79.- Sistema de guiado mediante jaula. 69
Ilustración 80.- Sistema guiado mediante jaula con dos posiciones. 69
Ilustración 81.- Sistema de guiado por jaula. 70
Ilustración 82.- Columna guía clavada. 71
Ilustración 83.- Columna guía clavada con cambio de ajuste. 71
Ilustración 84.- Columna guía con ajuste forzado ligero. 72
Ilustración 85.- DMC 1450 V. 73

Ilustración 86.- Mandriladora WH 10 CNC. 74
Ilustración 87.- Fresadora convencional. 75
Ilustración 88.- Rectificadora manual. 75
Ilustración 89.- Torno manual. 76
Ilustración 90.- Cortadora de metal. 77
Ilustración 91.- Planta SCM. 77
Ilustración 92.- Montacargas Heli. 78
Ilustración 93.- Carro con herramientas manuales. 78
Ilustración 94.- Manejo de ZW3D. 79
Ilustración 95.- Manejo de Tebis. 80
Ilustración 96.- Layout de la chapa metálica. 85
Ilustración 97.- Sentido de las rebabas en la pieza. 86
Ilustración 98.- Vista ampliada del corte con tolerancia apropiada. 87
Ilustración 99.- Base inferior (ensamble). 92
Ilustración 100.- Descripción y notas para piezas en plano 2D. 93
Ilustración 101.- Correcto llenado de descripciones para 2D. 93
Ilustración 102.- Porta punzones. 94
Ilustración 103.- Placa matriz. 94
Ilustración 104.- Lifter o expulsor. 95
Ilustración 105.- Planeación troquel progresivo. 96
Ilustración 106.- Formato para guardar cada pieza. 98
Ilustración 107.- Pieza para cortar chapa. 98
Ilustración 108. Programa para pieza formadora. 99
Ilustración 109.- Pieza maquinada terminada. 99
Ilustración 110.- Ensamble de troquel progresivo. 100
Ilustración 111.- Sistema de enfriamiento en placa superior. 100
Ilustración 112.- Ajuste- pernos de posición. 100
Ilustración 113.- Primeros golpes. 101
Ilustración 114.- Rimado en barrenos. 101
Ilustración 115.- Montaje y golpe final de troquel progresivo. 102
Ilustración 116.- Pieza terminada.. 102
Ilustración 117.- Ajuste de herramental. 106
Ilustración 118.- Término de maquinado de piezas. 106
Ilustración 119.- Ensamble porta punzón y punzón. 107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Estructura organizacional SCM..... 13

Tabla 2.- Características del Hierro. 36

Tabla 3.- Clasificación de las fundiciones. 36

Tabla 4.-Clasificación de los aceros. 37

Tabla 5.- Tabla de tensión de acuerdo al diámetro de la columna guía. 70

Tabla 6.- Especificaciones montacargas Heli..... 77

Tabla 7.-Programa para identificar ajustes. 80

Tabla 8.- Elementos del troquel con las características a realizar. 83

Tabla 9.- Materia prima y sus costos..... 85

Tabla 10.- Presiones específicas para prensa chapa. 91

Tabla 11.- Tolerancias en plano de detalle. 92

Tabla 12.- Código de colores para piezas en modelo 3D. 97

Tabla 13.- Rugosidades y acabados para superficies. 97

Tabla 14.- Control de fabricación de un troquel progresivo. 104

Tabla 15.- Formato gastos troquel progresivo. 105

Tabla 16.- Control de tiempo en fabricación de herramentales. 105

INTRODUCCIÓN

Éste documento pretende ser un apoyo en el ámbito industrial como en lo académico, ya que la información recabada es de interés para quien le interese el tema de los troqueles o la matricería.

En sí se he enfocado más en el tema de los troqueles progresivos, pero para ello cabe recalcar que no está de más tener un conocimiento general de la matricería. Éste manual pretende servir como ayuda ya que muchas veces nos encontramos ante situaciones difíciles o de poca experiencia en la que no se sabe qué tipo de material emplear o el proceso de manufactura que debe realizarse para poder fabricar una pieza.

El manual que se presenta en éste documento es algo simple que se reduce a unos pasos, por lo que de ésta manera trata de ser algo explícito, mostrando el algoritmo que se debe seguir si se quiere estandarizar el proceso de elaboración de un troquel progresivo.

Como primera parte tenemos la descripción de la empresa que ha sido de bastante ayuda ya que ha proporcionado conocimientos de acuerdo o enfocado a los troqueles, de ante mano; se maneja el concepto de troquel que como bien se sabe éste es un proceso industrial en él se obtiene una pieza terminada sin arranque de viruta.

Entre otros temas se presenta una clasificación acerca de los tipos de troqueles y de esa manera se denota por qué se ha elegido realizar un manual enfocado a los troqueles progresivos; cabe mencionar que la opinión del cliente es de mucha importancia porque muchas veces el troquel o el diseño ya es proporcionado por el cliente.

Conforme se avanza en el presente documento se podrá observar los distintos procesos de fabricación que se pueden realizar para llegar a una pieza terminada mediante la matricería. Así mismo se trata de realizar un buen proceso entorno a la elección de materiales para corte, mecanizado, etc.

Es de vital importancia saber el papel que desempeña cada elemento de un troquel, ya que esto ayudará a tener un herramental de buena calidad y que dure por un tiempo bastante considerable para el cliente.

Se presenta un manual cuya finalidad trata de reducir el tiempo y costo de producción de un troquel progresivo, a través de lo anteriormente presentado en los demás capítulos se

aplicará ese conocimiento y enfocado a eso se presentan los pasos para eficientar el proceso de fabricación de un troquel progresivo.

En los capítulos finales se presentan los resultados obtenidos por la inclusión de dicho manual, lo cual lleva a una estimación de reducción de tiempos y costos.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL PROYECTO

En ésta capítulo se muestran los aspectos que se abarcaron durante el proyecto de residencia profesional, la situación en la que se encuentra la empresa dentro el ámbito industrial; así como una breve descripción de las actividades desarrolladas en el área de participación.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PUESTO DE TRABAJO

A continuación se hace una breve explicación sobre el área en la que se estuvo trabajando y se tuvo un mayor enfoque para el proceso de fabricación de un troquel progresivo.

1.1.1 ACERCA DE LA EMPRESA.

La empresa Siebenwurst CAD CAM Solution S. de R.L. de C.V. (SCM) es una sociedad propiedad conjunta de Siebenwurst Asia Ltd. con domicilio social en Hong Kong y de la empresa CAD CAM Solution Sp. z o. O. en Polonia; como parte del grupo Siebenwurst existen otros puntos de postventa en Alemania, Polonia y China.

El objetivo de la empresa es el fortalecimiento y la consolidación internacional del alto nivel de servicio en las empresas de Siebenwurst.

Como fabricante líder de modelos y moldes de Alemania, ofrecemos a nuestros clientes algo más que un buen molde. Combinamos la tradición con la alta tecnología para ofrecerle soluciones completas, inteligentes e innovadoras. En la Ilustración 1 se puede observar uno de los trabajos que se realiza en SCM.

Ilustración 1.- Vista de la parte interior de un coche.

En Siebenwurst:

- Se fabrica aproximadamente 200 herramientas al año con un consumo de acero de aprox. 3,000 t.
- Cuenta aproximadamente con 100 clientes en 15 países.
- Procesa proyectos a gran escala con más de 60 herramientas en un solo pedido.
- Tiene un plazo medio de entrega de 1-7 días, posterior a la fecha acordada con el cliente.

Se ha representado la más alta calidad en la construcción de modelos y moldes por más de un siglo. Por esta razón, el principio rector es: *"Ser el solucionador de problemas más competente para los clientes, desde el diseño hasta la producción en serie"*.

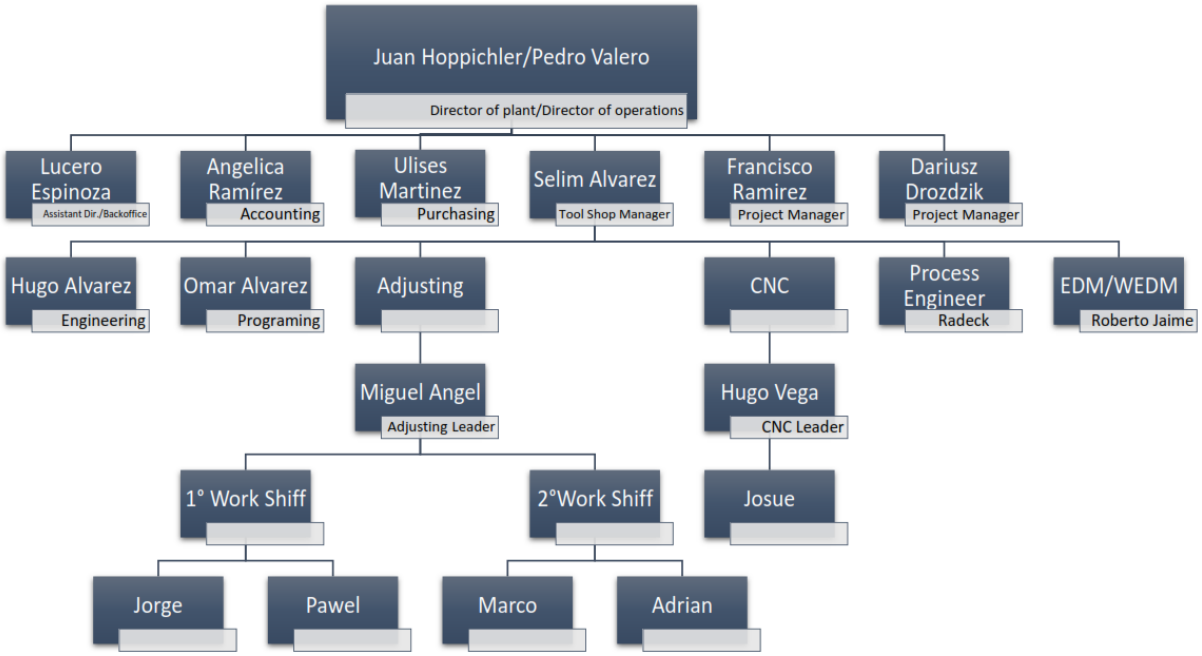
Ilustración 2.- Pieza terminada por molde de inyección.

1.1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE SCM.

La tradición de flexibilidad, derivada de los orígenes de la empresa, ha formado una actitud diferente: necesita apertura y tolerancia para cambiar la orientación y reinvención.

Es por eso que en la planta que está situada en el municipio de El Marqués, Querétaro; se consolida de acuerdo a como se muestra en la Tabla 1. Quedando de esa manera constituida de acuerdo a las áreas que conforman a SCM con lo cual se trata de mejorar la parte de la capacidad laboral del personal que es parte de la misma empresa, ésto con el fin de satisfacer las necesidades que el cliente exige.

Tabla 1.- Estructura organizacional SCM



1.1.3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ.

- Área de diseño o ingeniería (CAD).

En ésta área se realizan las actividades que tengan que ver con el diseño de moldes para piezas plásticas de inyección, cambios de ingeniería en piezas plásticas y en moldes de inyección. Se llevan a cabo diseños de troqueles progresivos y manuales, así como cambios de ingeniería en éstos de acuerdo a las especificaciones del cliente.

Se diseñan electrodos de erosión para piezas con formas complejas.

La documentación técnica también es una de las actividades desarrolladas en el área, para poder efectuar los cambios de ingeniería y área la fabricación de troqueles tanto progresivos como manuales y para los moldes de inyección de plástico.

Los estudios de diseño de SCM están separados unos de otros, garantizando así la confidencialidad que constituye la base de la cooperación de confianza que se tiene con los clientes. En la Ilustración 3 se observa el troquel progresivo del cual tendrá enfoque el manual para el proceso de fabricación.

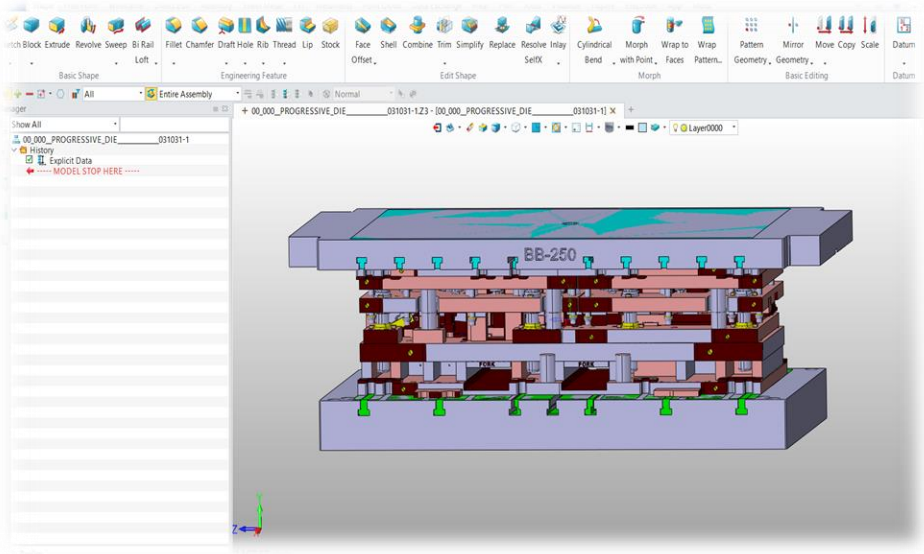


Ilustración 3.- Troquel progresivo en ZW3D.

- Mecanizado (CAM).

En ésta área se elaboran los programas CAM en Tebis para el mecanizado de cavidades, corazones, insertos, lifters, sliders de moldes de inyección y/o cambios de ingeniería de los mismos.

En el caso de los troqueles también se crean programas para los punzones, matrices, insertos, formadores y demás componentes.

Ilustración 4.- Proceso de mecanizado.

1.1.4 CONOCIMIENTO DEL PRODUCTO.

El troquelado se define como un proceso mecánico de producción industrial que se utiliza para trabajar en frío lámina metálica y fabricar completa o parcialmente piezas por medio

de una herramienta (troquel), conformada por un punzón y una matriz, también llamados 'macho' y 'hembra', respectivamente. (Marín Villar, 2009)

En SCM se fabrican troqueles para piezas del rango automotriz, éstos pueden ser simples, compuestos o progresivos; dependiendo de las especificaciones del cliente.

En éste caso nos enfocaremos a un troquel progresivo que tiene como producto final elaborar un soporte para barra estabilizadora para un sistema de suspensión en coches. En la siguiente Ilustración 5 se puede apreciar la lámina (o chapa) y las operaciones que ésta sufre para poder llegar a la pieza final que es la que se ve denota en el círculo rojo.

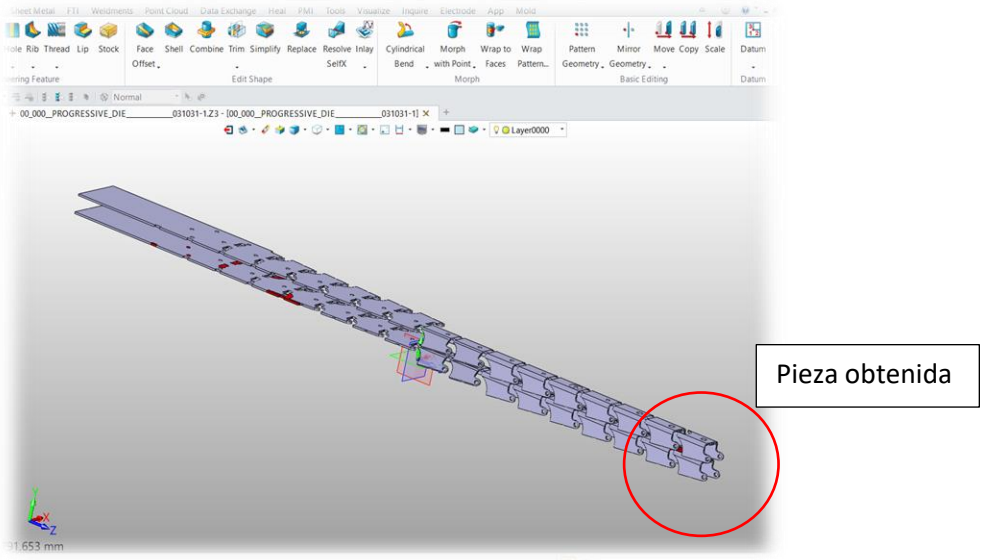


Ilustración 5.- Proceso de transformación de la pieza para el troquel progresivo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el estado de Querétaro se está dando un buen desarrollo industrial, donde empresas extranjeras llegan a ofrecer sus servicios mediante la fabricación de productos, tal es el caso de Siebenwurst Cad Cam Solution (SCM) ubicada en el municipio de El Marqués, Querétaro; ya que ésta es una empresa alemana con muchos años de experiencia en moldes en su ciudad de origen (Alemania).

El principal problema que existe en SCM es la falta de organización y la pérdida de tiempo que tienen durante la elaboración de los elementos que constituyen a los troqueles, ya sea porque éstas se mandan a elaborar con distintos proveedores o por el mal manejo de herramientas tanto de corte como para áreas de taller dentro de la empresa.

En ciertas piezas hay algunos errores en el modelo CAD que el cliente manda por lo que se deben de hacer cambios de ingeniería antes de empezarlas a fabricary esto conlleva a más tiempo de revisión en el mismo modelo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El motivo que conlleva a realizar éste manual es el de ahorrar tiempo en el proceso de fabricación de troqueles progresivos, ya que la empresa recién abre una nueva planta en el estado de Querétaro y requiere de la optimización de tiempo del proceso de fabricación y de herramientas de trabajo para cumplir con las exigencias del cliente a tiempo.

Así mismo se pretende optimizar todos los recursos como materiales y de tiempos para la elaboración de un troquel progresivo. El manual busca ser una ayuda para las personas que laboran en SCM y trata de resolver las dudas que se vayan generando durante el proceso de fabricación. Con la obtención de éste manual se llega a tener el proceso un tanto estandarizado ya que se tendrá el control de ciertas tolerancias, ajustes y pasos comunes a realizar.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Eliminar fallas y reducir el tiempo en el proceso de elaboración y ensamble de los componentes de un troquel progresivo, mediante la implementación de un manual.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Inspeccionar y hacer un inventario de las herramientas con las que se trabajan, así como determinar la capacidad de trabajo que tienen las máquinas de maquinado, entre otras.
- Aprender acerca del modelado de troqueles, así como del proceso de fabricación de los mismos.
- Recibir capacitación en programas de diseño (ZW3D) y para mecanizados de piezas (Tebis).
- Simulación de troqueles.
- Elaborar el manual para el proceso de fabricación de un troquel progresivo.
- Analizar la propuesta para una posible implementación.
- Implementar el manual.

- Esperar resultados y realizar una comparación con trabajos realizados con anterioridad.
- Informar sobre los resultados obtenidos.
- Realizar un informe final acerca del proyecto realizado.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.

2.1 TROQUELADO

Se define con el término *estampado* aquel conjunto de operaciones con las cuales, sin producir virutas, sometemos una chapa plana a una o más transformaciones con el fin de obtener una pieza poseyendo forma geométrica propia, sea ésta plana o hueca. En otros términos, la chapa es sometida a una elaboración plástica, la realización práctica de éstas operaciones se logra mediante dispositivos llamados *matrices o estampas* y aplicados, según sus fines sobre máquinas denominadas corrientemente *prensas*.

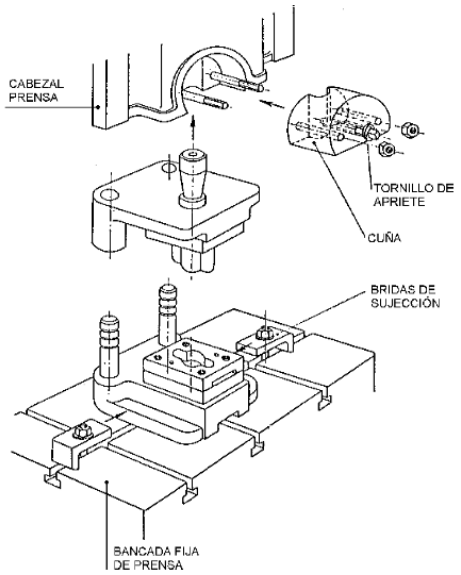


Ilustración 6.- Montaje y funcionamiento del troquel

Las piezas de forma geométrica complicada e irregular, pero que tienen la característica de estar constituidas de un material de espesor casi uniforme, pueden obtenerse mediante una sucesión de “estampados”, las operaciones del “estampado” de la chapa generalmente se subdividen en:

a) Cortar.
b) Doblar y curvar.
c) Embutir.

Este proceso es utilizado en una gran variedad de operaciones de corte o formado tales como ranurado, penetrado, embutido, doblado, formado, estampado, acuñado, forjado,

punzonado, cizallado, recortado y rasurado. Pueden existir más operaciones de troquelado, pero las anteriores cubren la mayor parte de ellas y además las más importantes. En la Ilustración 7 e Ilustración 8, se pueden observar las operaciones más comunes de troquelado. (Rossi, 1979).

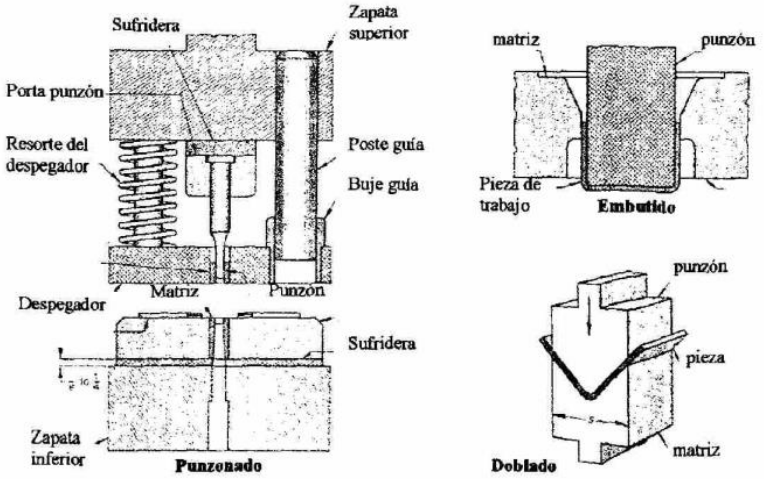


Ilustración 7.- Operaciones de troquelado.

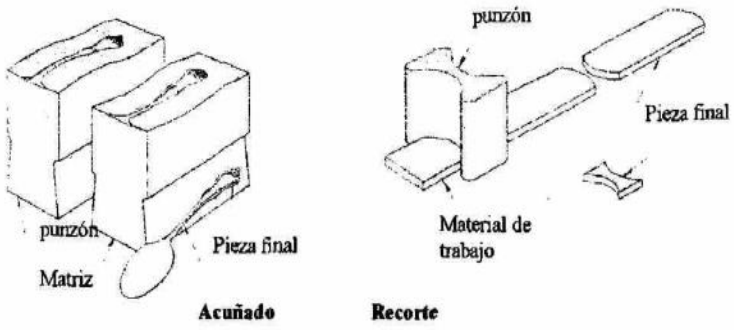


Ilustración 8.- Operaciones de troquelado.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS TROQUELES

En general a una operación realizada en un dado se le llama troquelado. Éstas se pueden clasificar según:

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

2.2.1 PROCESO DE TRANSFORMACIÓN.

a) **Manual**. Las chapas admiten una elaboración de estampado individual; las tiras o bandas, admiten únicamente un avance a mano de un paso, bajo la estampa después de cada golpe o carrera de la prensa (sistema usado para las pequeñas o medianas producciones). Las troqueladoras manuales requieren de la intervención humana, el trabajador tiene que colocar el material en la cama de la prensa y la herramienta de corte en posición para cortar el tamaño requerido.

Ejemplos de este tipo incluyen un basculante hidráulico, prensas, máquinas de corte, etc, muchas de estas máquinas también hacen uso de la energía hidráulica para ayudar a cortar de forma deseada el material; estas máquinas pueden cortar la madera o el acero forjado y pueden cortar capas individuales o múltiples.

Ilustración 9.- Troqueladora manual.

b) **Semiautomática.** Éste tipo de trabajo depende de la clase de prensa con la que se va a trabajar, pero más que nada va relacionado con la forma de pieza a obtener en el trabajo final.

c) **Automática.** En los troqueles progresivos se pueden ver procesos automáticos para obtener la pieza final, ya que éste tipo de troqueles requieren de alimentadores para poder efectuar el trabajo y llegar hasta el objetivo, muy rara vez se requiere algún proceso manual.

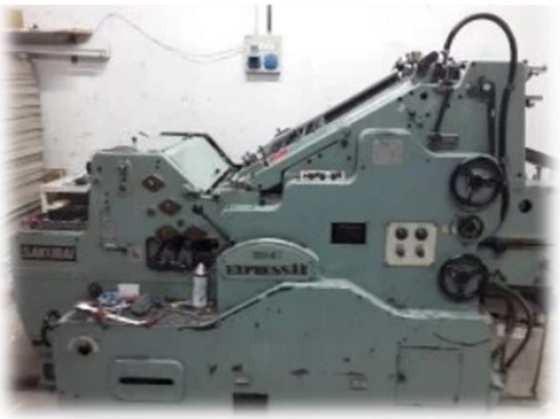


Ilustración 10.- Troqueladora automática.

En un ámbito económico de rendimiento de trabajo conviene decir que la compra de una máquina de corte automático es ideal sobre todo para conseguir el 100% de precisión y los rendimientos previsibles.

ALIMENTADORES.

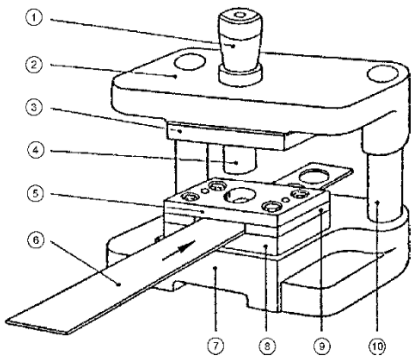
La pérdida de paso es uno de los problemas a evitar durante la operación de un troquel progresivo, otro suceso a evitar y que también genera graves daños a los troqueles y puede ocasionar pérdidas de paso son 5:

a) Paso de avance.
b) Paso de bucle.
c) Paso de troquelado en fallo.
d) Paso variable.
e) Paso intermitente.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.

a) De puente. Se ve que en la Ilustración 11 a la matriz se le añade una matriz porta puente que éste sirve para evitar que la chapa o lámina de corte se salga de su corrido o que ésta salte, para ello se le deja un espacio entre 1 y 2 mm de tolerancia.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO



1. ESPIGA
2. BASE S.
3. P. PUNZONES
4. PUNZÓN
5. P. PUENTE
6. CHAPA
7. BASE I.
8. P. MATRIZ
9. REGLAS GUÍA
10. COLUMNAS GUÍA

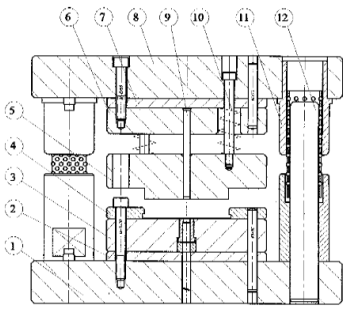
Ilustración 11.- Matriz de puente.

b) Con pisador o de guía flotante. La producción de piezas mediante matrices con pisador o de guía flotante se recomienda en la inmensa mayoría de los procesos de corte y conformado. En ellas se asegura la plenitud de la chapa y su inmovilización durante la penetración de los punzones y también en su fase de extracción en la carrera de retroceso. Además, se evita la formación de arrugas u otras deformaciones no deseadas.

Es una clase de matriz en la que la placa guía montada en la parte móvil del utillaje mediante un sistema elástico que permite el pisado de la chapa durante el proceso. El hecho de inmovilizar la chapa durante la operación de corte ofrece mejores resultados, en cuanto a acabados en las aristas de la pieza y su planitud; además, al dotar a los punzones de un guiado más preciso, disminuye notablemente el riesgo de rotura especialmente en aquellos cuya sección es mínima.

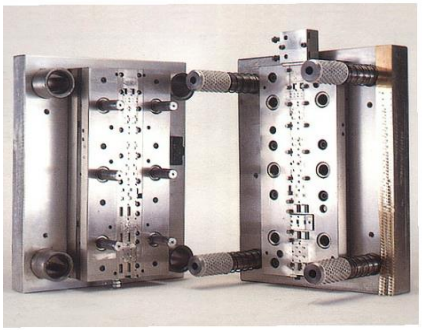
Este tipo de matrices suelen llevar también una placa de apoyo o sufridera bajo la placa matriz, especialmente cuando lleva casquillos de corte postizos u otros insertos. Como se ve en la Ilustración 12.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO



1. BASE INFERIOR
2. SUFRIDERA INFERIOR
3. PLACA MATRIZ
4. REGLAS GUÍA DE BANDA
5. PISADOR
6. PORTA PUNZONES
7. SUFRIDERA SUPERIOR
8. BASE SUPERIOR
9. PUNZÓN DE CORTE
10. RESORTE
11. CASQUILLO GUÍA
12. COLUMNA GUÍA

Ilustración 12.- Matriz con pisador.



Matriz progresiva con pisador

Planta superior

Planta inferior

Matriz progresiva con pisador

Ilustración 13.- Vista de una matriz progresiva con pisador.

c) **Coaxial o doble efecto.** Se recomiendan para piezas que requieran una gran concentricidad entre diferentes punzonados. Es una matriz que permite la ejecución íntegra de los diferentes detalles de una pieza, en un solo golpe de prensa y sobre un único eje de trabajo; su estructura varía considerablemente respecto a otros tipos de matrices.

Las matrices coaxiales son especialmente recomendadas para la producción de piezas de mucha exactitud de medida entre cortes, sus partes principales son el punzón y la matriz, los cuales, además de cumplir con su misión, trabajan simultáneamente de forma recíproca: el punzón actúa a la vez como matriz y viceversa; por su propia constitución y modo de funcionamiento, las matrices coaxiales requieren una mayor atención y rigurosidad en los trabajos de mantenimiento.

Las matrices coaxiales no permiten una automatización del proceso, estas matrices llevan siempre una placa de apoyo o sufridera bajo el casquillo de corte de la parte fija del utillaje. Véase la siguiente Ilustración 14.

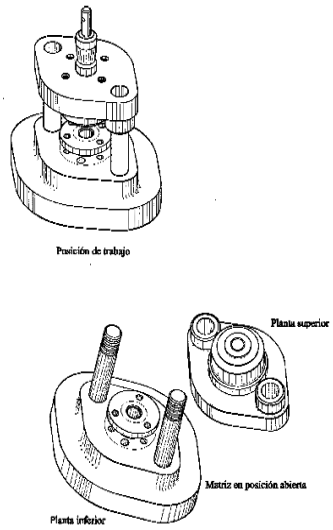


Ilustración 14.- Matriz coaxial

Ilustración 15.- Piezas terminadas con la matriz coaxial

d) De guía fija. Es un tipo de matriz utilizada para la producción de pequeñas y medianas series de piezas de geometría plana. En éstas matrices, la placa que guía los punzones es solidaria a la parte fija del conjunto y el guiado del utillaje lo realizan los punzones por el ajuste del perímetro de su sección de corte. La construcción de éstos utillajes resulta simple y barata, comparada con otros tipos de matrices, aunque únicamente se utilizan para el procesado de chapa plana.

La matriz de guía fija no disponen de sistema de pisado de la chapa, con lo cual el material a trabajar se encuentra libre antes, durante y después del corte de la misma. Al no hallarse la chapa inmovilizada, no se garantiza la posición óptima necesaria para obtener un buen corte, por lo que las piezas matrizadas tienen menor precisión. Hoy en día su construcción

es menos económica, su bajo mantenimiento y el resultado final del producto amortiza con creces la diferencia de coste del utillaje.

e) **De correderas o de carros.** En ocasiones, se presentan piezas cuya geometría aconseja un orden determinado a la hora de efectuar las distintas operaciones de que consta su proceso; algunos trabajos de corte o de conformado deben llevarse a cabo sobre piezas previamente cortadas, dobladas, emitidas, etc. Las matrices de correderas, cuando se habla de matrices de pequeño tamaño, o de los troqueles de carros, en el caso de matrices de tamaño medio y de matricería pesada, son un tipo de útiles concebidos para efectuar ésta clase de trabajos; la matricería pesada o troquelería, especialmente la que se utiliza en el sector automovilístico, suele hacer uso frecuente de éste tipo de matrices. En la Ilustración 16 se puede observar un fixture para una pieza de un sistema de escape automotriz, cuya función de la pieza es la de absorber el calor que pasa a través del escape del coche.

Ilustración 16.- Fixture para el sistema de escape en autos

Éstos utillajes co nstan de unas unidades de punzonado, carros o patines que se mueven mediante la acción de cuñas o levas que trabajan por deslizamiento o por basculación; en el extremo de éstos elementos va montada la herramienta de matrizado, que trabaja simultáneamente con el resto de los punzones, solidarios a la parte móvil de la matriz, según el movimiento principal de la prensa.

La recuperación de la posición inicial de las unidades de punzonado y de los carros se efectúa mediante cilindros de gas, en el caso de las matrices de patines o correderas, la recuperación suele llevarse a cabo mediante resortes helicoidales.

En la Ilustración 17 se puede ver un ejemplo de éstas matrices con correderas que son de la placa superior (para poder denotarlo se ubican dentro de los círculos). Éstas correderas

sirven para cortar material donde se les aplica una fuerza de empuje por la parte de arriba (donde señala la flecha roja), ésta fuerza hace que éstas correderas o carros se muevan en sentido horizontal (como señala la flecha naranja).

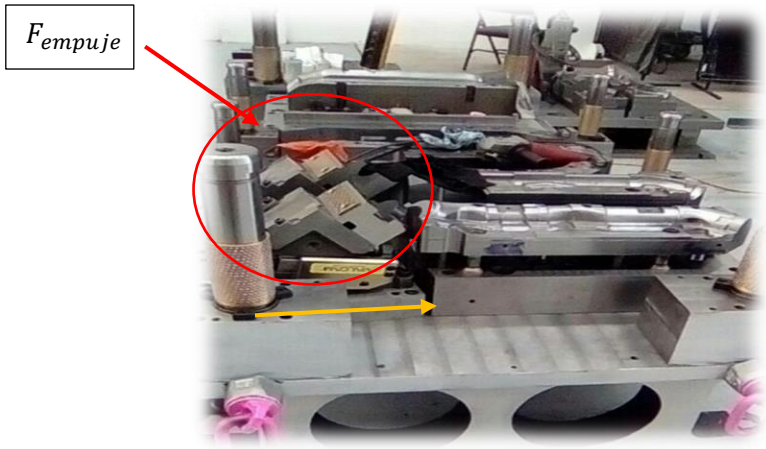


Ilustración 17.- Base superior con correderas.

Éstas correderas son accionadas por un pistón con nitrógeno que provoca el movimiento que permite que se lleve a cabo un corte por parte de las correderas de la placa superior que para ello se necesita la parte de las correderas de la placa inferior, el cuál es señalado en la Ilustración 18.

Ilustración 18.- Placa corredera.

En éste caso éste es un troquel manual y los carros o correderas ya se sitúan en la última operación para poder cortar el material sobrante y dejar la pieza terminada.

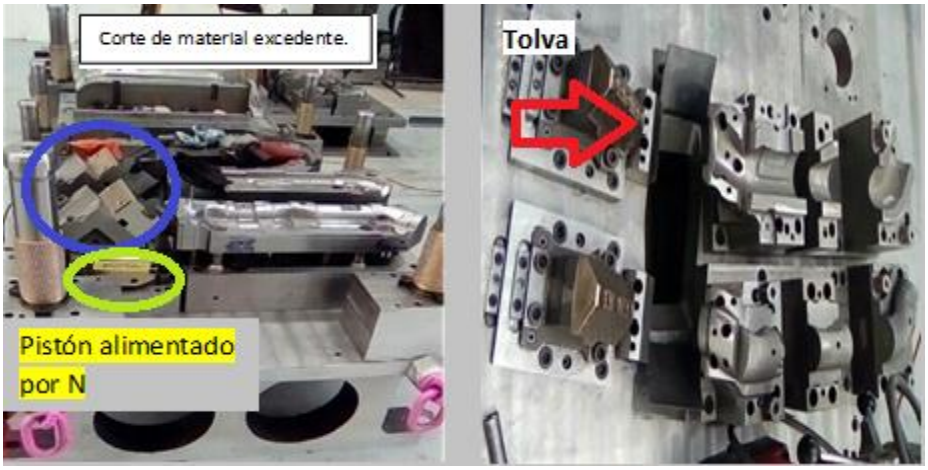


Ilustración 18.- Placa corredera.

En la

Ilustración 18.- Placa corredera.

(b.- Inferior) se puede observar que hay una tolva, la cual sirve para desalojar el material excedente de los cortes de material para llegar a la pieza final, el material excedente puede ser removido de manera manual o de forma automática.

Las unidades de punzonado y los carros son unos elementos homologados que últimamente los fabricantes de normalizados comercializan con éxito, pues facilitan la ejecución del proyecto, la fabricación y el mantenimiento de los troqueles con importantes reducciones de tiempo; las unidades de punzonado y los carros normalizados se fabrican según diferentes diseños, de manera que permiten trabajar en distintos ángulos y posiciones sobre el utillaje en que se montan; de ese modo, es posible llevar a cabo operaciones de corte, punzonado, etc., con una cierta inclinación respecto al plano de corte de la matriz, lo que aumenta económicamente las posibilidades de trabajo de estos elementos homologados.

A diferencia de los carros y de las unidades de punzonado, los patines son elementos que se proyectan y construyen como pieza única, siendo solamente válidos para un útil determinado; generalmente, trabajan efectuando un movimiento perpendicular al movimiento de la parte móvil del utillaje y paralelo a su plano de corte.

Ilustración 19.- Correderas.

Al igual que el tipo de matriz que se había mencionado con anterioridad, éstas matrices no son para trabajarse de forma automática; por lo que su manipulación es de manera manual.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

f) Matriz de corte fino o corte de precisión. Es un utillaje de diseño similar a las matrices de doble efecto, de ejecución más precisa y robusta, concebido para trabajar según una técnica cuya principal diferencia reside en el sistema de pisado de la chapa.

La placa pisadora o placa de precisión dotada de un dentado anular o resalte que, en el momento de pisar la chapa, produce un estampado alrededor del perímetro de corte; ésta incisión desplaza por expansión al material circundante contra los elementos de corte; de éste modo, la pared del espesor del material queda laminada y sin sufrir desgarro alguno.

Mediante éste método pueden obtenerse piezas cuyas tolerancias son del orden de unos 15 µm y la rugosidad en la superficie de corte de la pieza es menor a una micra; las matrices de corte fino trabajan en unas prensas especiales de acción múltiple y el espesor de la chapa a cortar suele oscilar entre 2 y 15 milímetros; cuando se superan estos valores pueden surgir algunas complicaciones derivadas de las características mecánicas del material a trabajar. Además de operaciones de corte y punzonado, las matrices de corte fino permiten obtener piezas con avellanados, recalcados, chaflanes, estampados, etc.

Éste tipo de matrices trabajan bajo el siguiente principio, como se muestra en la Ilustración 20.

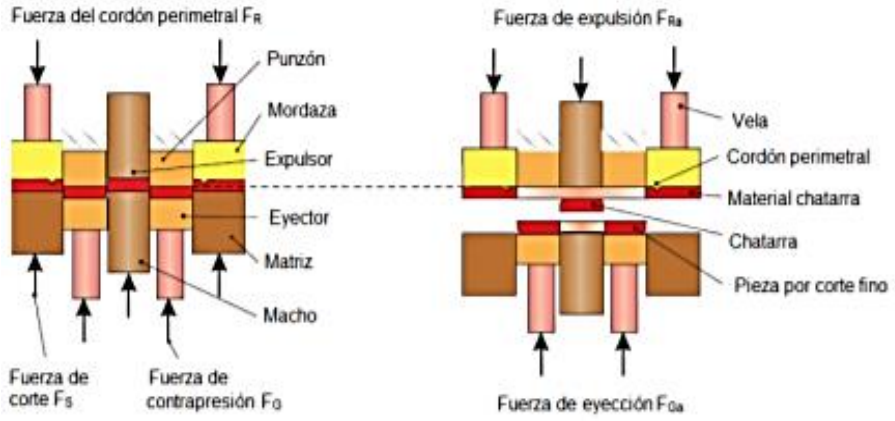


Ilustración 20.- Proceso de troquelado por corte fino.

Durante el proceso de corte fino, existen tres fuerzas principales para llevar a cabo dicho proceso (vea Ilustración 20-a). En éste método se necesita una mordaza con cordón perimetral, la cual sujeta el material (F_R) fuera del perímetro de la pieza cortada, y antes de que el punzón empiece a cortar. La fuerza F_G es la que sujeta la pieza para que no se

deforme, contra el punzón principal, una vez de que el material está sujeto se realiza el corte de la pieza.

Cuando el proceso de corte se ha completado, la fuerza del cordón perimetral y la de contrapresión son desactivadas, el herramental comienza abrirse, después de que la carrera de apertura es completada, el material y las chatarras son despojadas del punzón por la fuerza F_{Ra} (Ilustración 20 - b); la pieza es eyectada de la matriz por la fuerza F_{Ga}. (Carreño, 2012)

g) Progresiva. Éste tipo de matrices tiene como finalidad transformar la banda (chapa) hasta dejar la pieza terminada; pueden ser manuales, semiautomáticos o automáticas.

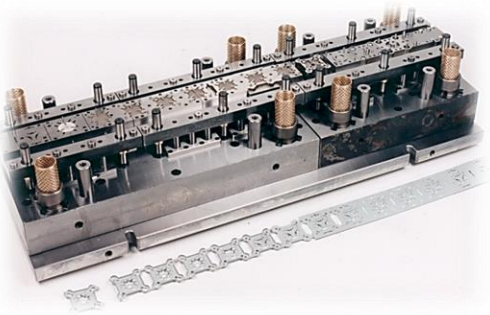


Ilustración 21.- Matriz progresiva.

2.2.3 CICLOS DE PRODUCCIÓN.

a) De pruebas. La matriz de pruebas es un utillaje construido de forma sencilla y provisional que nos permite emular un proceso de trabajo real; se utiliza para el ensayo y posterior conocimiento del comportamiento de la chapa y también para comprobar el correcto funcionamiento de los componentes del útil. Suele construirse especialmente en procesos de doblado y embutición, para despejar dudas sobre el comportamiento del material a trabajar.

b) De prototipos. La matriz de prototipos es una matriz que se construye una vez aceptado el proyecto de fabricación; este utillaje permite la fabricación de unas pocas piezas, con objeto de lanzar al mercado un producto en el menor tiempo posible; mientras tanto, en el taller se fabrica la matriz definitiva, con la que se ejecutará la producción.

c) De producción. La matriz de producción es el utillaje definitivo mediante el cual se lleva a cabo la fabricación del producto.

2.3 TIPOS DE TROQUELES

Los troqueles pueden ser de tres tipos: simples, compuestos y progresivos.

a) Simples. Éstos troqueles permiten realizar solamente una operación en cada golpe del ariete o carnero, son de baja productividad y normalmente es necesario el uso de otros troqueles para poder concluir una pieza y considerarla terminada. (Ilustración 22).

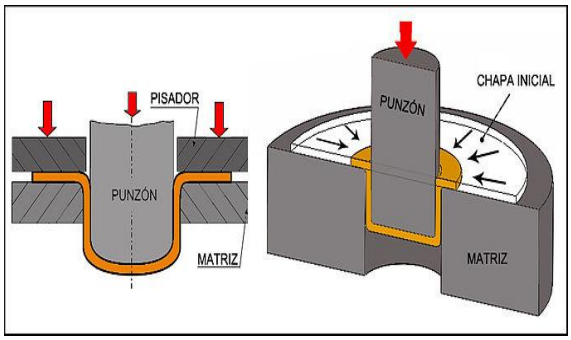


Ilustración 22.- Troquel para el proceso de embutido.

Son una clase de matrices que ejecutan una sola fase de todo un proceso productivo; la colocación de la chapa y el accionamiento de la prensa se hacen manualmente, aunque también puede hacerse de forma mecánica. La retirada de la pieza y el recorte del material, si lo hay, se efectúan del mismo modo.; cabe decidir que para completar el proceso hacen falta otras tantas matrices.

b) Compuestos. Éstas herramientas permiten aprovechar la fuerza ejercida por el ariete realizando dos o más operaciones en cada golpe y agilizando así el proceso.

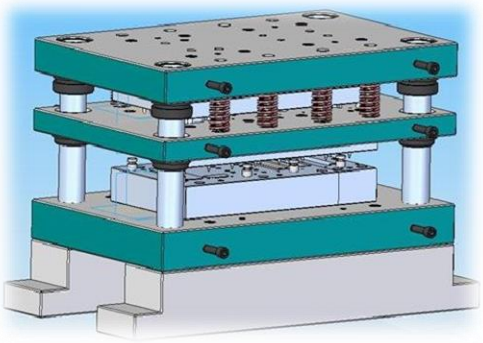


Ilustración 23.- Matriz compuesta.

c) **Progresivos**. Éstos troqueles constan de diferentes etapas o pasos, cada uno de ellos modifican el material en una determinada secuencia establecida por el diseñador (secuencia de corte), de tal manera que al final se obtiene una pieza o piezas terminadas. La tira de un material avanza por el interior de la matriz, y simultáneamente, golpe a golpe, van ejecutándose las distantes fases del proceso, saliendo por el costado opuesto el recorte sobrante del material. La distancia que hay entre las diferentes fases o estaciones se les llama *paso* y éste coincide exactamente con el avance de la chapa en cada golpe de la prensa; las piezas matrizadas y los recortes de la chapa son evacuados por gravedad a través de unos agujeros practicados en la matriz.

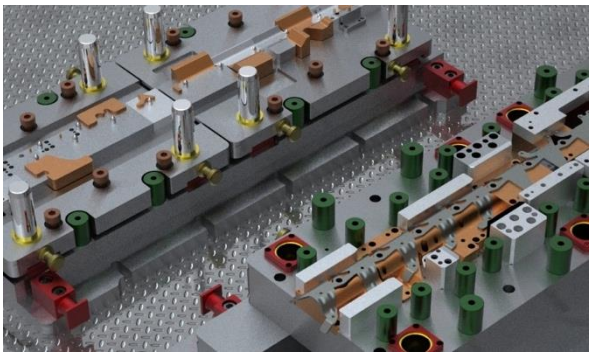


Ilustración 24.- Matriz progresiva.

El uso de éste tipo de matrices es habitual en la producción de grandes series, pues, aunque su coste de construcción sea muy elevado, permite economizar relativamente mucho dinero y tiempo. Para conseguir una rentabilidad máxima, las matrices progresivas trabajan en líneas de producción, verdaderos complejos automatizados, donde la intervención de mano de obra es mínima, cuando no inexistente.

Entre otros elementos, y aparte de la propia prensa y de la misma matriz, una línea automatizada de producción se encuentra dotada de:

- Devanadora de material.
- Enderezadora de chapa.
- Alimentador.

- Cizalla de retal.
- Y en el caso de producción de grandes piezas, cintas transportadoras para desalojo de piezas de retales.

d) Matrices transferizadas. Están formadas por un conjunto de varias matrices simples montadas en batería sobre una misma base (en la misma prensa). Y ordenadas según las fases de un proceso de matrizado. Al bajar el cabezal de la prensa, son ejecutadas simultáneamente las distintas fases de fabricación de la pieza; cada matriz ejecuta la fase siguiente que le precede y así sucesivamente, hasta completar el suceso.

El material a transformar es un trozo de chapa llamado formato y cuya geometría ha sido previamente calculada y cortada, para que, una vez procesada sea capaz de adoptar la forma final de la pieza; éste formato puede ser alimentado manual o automáticamente a la primera matriz y su transporte entre fases se lleva a cabo mediante utillajes mecánicos o unidades robotizadas.

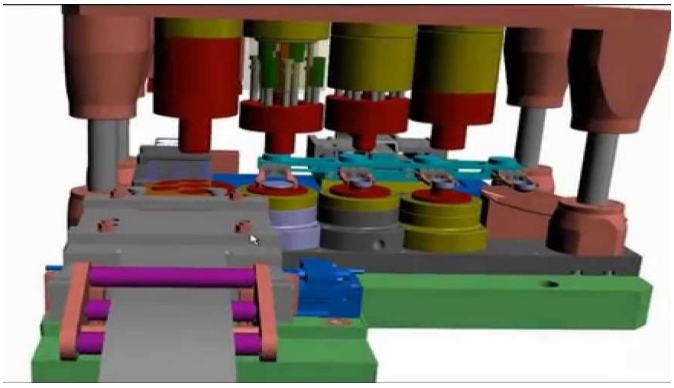


Ilustración 25.- Matriz transferizada.

2.4 ELEMENTOS DE LOS TROQUELES

Habitualmente, las matrices están formadas por un gran número de elementos que requieren ser construidos y mecanizados con unos materiales y herramientas adecuadas a su función. No obstante, también se da el caso que éstos materiales o herramientas no sean los más adecuados para otros trabajos de similares características; por todo ello conviene saber, que cada matriz o componente de la misma debe ser estudiado y tratado de forma independiente sin tener en cuenta casos similares. En la Ilustración 26 se muestra un esquema de los elementos comunes en las matrices.

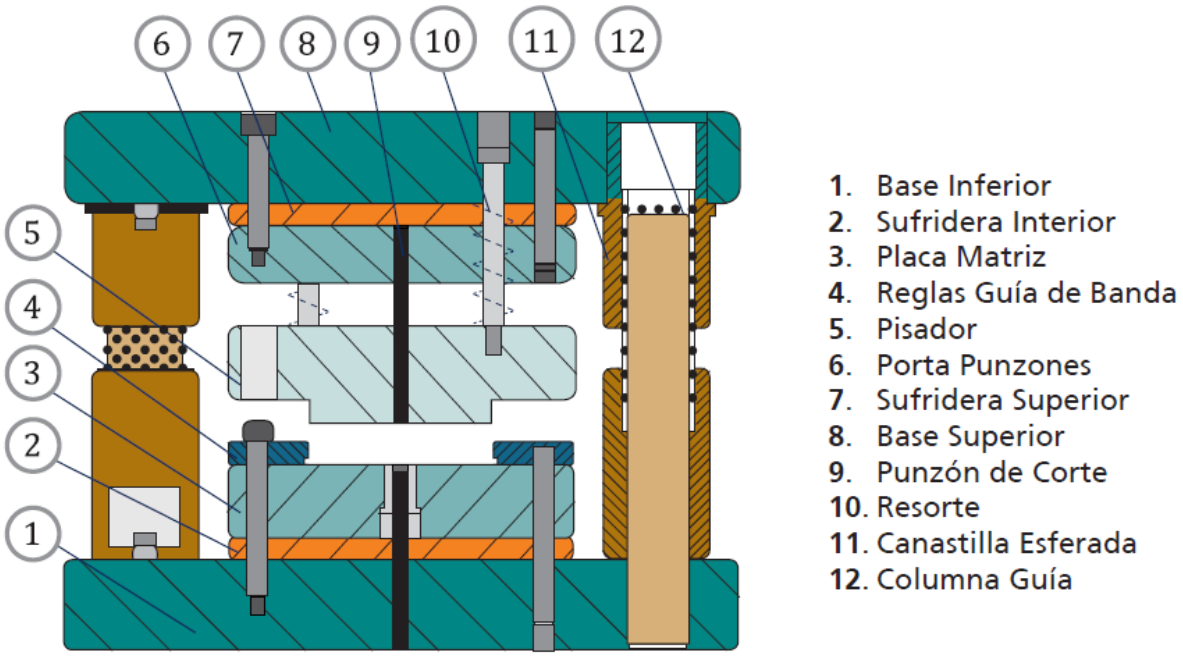


Ilustración 26.- Elementos principales de un troquel.

2.4.1 BASE SUPERIOR.

Ésta placa se ancla en la parte superior de la prensa; sobre ella se sitúan las herramientas que actuarán sobre la pieza y los pistones. Se ha de tener en cuenta que las columnas guías han de pasar a través de la placa y deben librar la prensa en su posición más desfavorable. Tiene la misión de aglutinar en su superficie todas las placas y elementos que sujetan y montan los punzones que lleva la matriz, además, va sujeta al carro superior de la prensa que la inmoviliza y fija durante todo el proceso de trabajo.

La base superior recibe directamente todo el movimiento de la prensa para que ésta lo transmita a los punzones y éstos transformen la chapa; así tambien son las que aglutinan todos los elementos de la matriz y ambas van guiadas por las columnas guías y los casquillos correspondientes.

Los componentes de la base superior son:

- Placa porta punzones.
- Punzones de cortar, doblar, embutir, centradores, etc.
- Placa sufridera o placa de choque.
- Casquillo guía o columnas.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

- Placa pisadora.
- Columnas guía auxiliares.
- Resortes, etc.

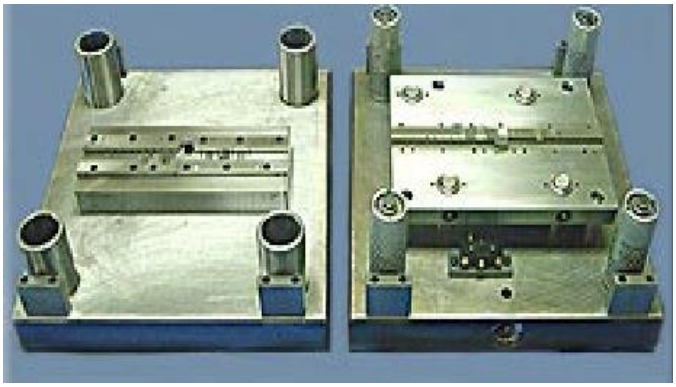


Ilustración 27.- Troquel, base superior e inferior.

En general, las medidas exteriores de la base superior acostumbran a ser las mismas de la base inferior. En útiles de pequeño y mediano tamaño casi siempre se tiende a normalizar sus medidas con la finalidad de facilitar su construcción.

En algunas empresas, ellos mismos construyen los armazones partiendo de unas medidas normalizadas, posteriormente los almacenan y disponen de ellos cuando lo consideren necesario. En lo que respecta al espesor de la base, podemos decir que ha de ser debidamente generosa (igual que la inferior) para que ambas puedan soportar todas las fuerzas que han de absorber.

Dimensionado de la base superior:

1. Medidas externas adecuadas para su fijación en la prensa.
2. Espacio suficiente para acceder a todos los elementos.
3. Espesor suficiente para soportar todos los esfuerzos.
4. Paralelismo de 0.005 mm entre las caras de apoyo.
5. Planitud de 0.005 mm x 100 mm en toda la superficie de trabajo.
6. Perpendicularidad de 0.003 mm entre los casquillos guía y la cara de apoyo.
7. Rectificado de las caras de trabajo.

En matrices de pequeño o mediano tamaño el material más empleado es el Acero F111 o F111. En el caso de matrices grandes se hacen de fundición especial con aleaciones de C

(3%), Si (2%) y Mg (0.75%) con pequeños porcentajes de S y P. La dureza superficial Brinell está en torno a 240 HBr y la resistencia a la tracción es de unos 80 $Kg.mm^2$.

Ilustración 28.-Aceros F111 y F112.

Se debe tener algo de cuidado con la dureza Brinell ya que en algunos materiales la penetración de la bolilla origina una caterización y en otros una depresión (Ilustración 30).

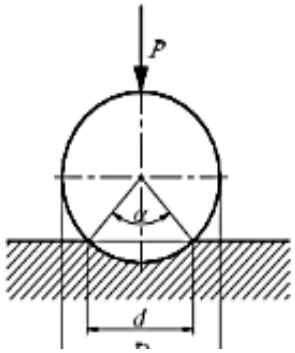
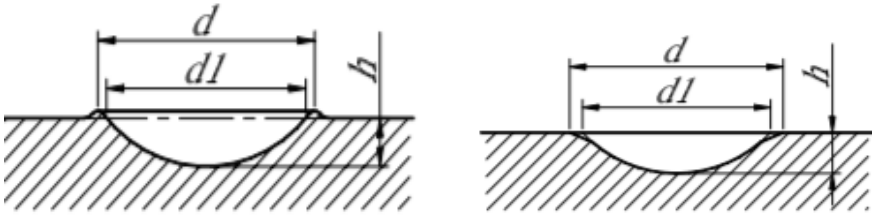


Ilustración 29- Esquema básico de un ensayo de dureza Brinell.



a) Caterización b) Depresión

Ilustración 30.- Identación

Los materiales más utilizados son:

a) Acero F111, éstos sirven para fabricar matrices de pequeño tamaño.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

b) Acero F112, se usan para la fabricación de matrices de medio tamaño.
c) Fundición, se emplea para matrices de gran tamaño.
d) Hierro.

Hierro. Con la denominación de hierro se designa al elemento químico de éste nombre, así como a los productos siderúrgicos de los que solamente, con carácter de impureza, pueden formar parte otros elementos. (UNE)

Tabla 2.- Características del Hierro.

Símbolo	Punto de fusión	Peso específico	Minerales
Fe	1530°	7.86	Oligisto Fe_2O_3. Magnetita Fe_3O_4. Siderita CO_3Fe. Hematites Fe_2O_3.

Fundición. Ésta es una aleación de hierro y carbono con un porcentaje de éste último que oscila entre el 1.8% y el 6% aproximadamente. Además, suele llevar pequeñas cantidades de Si, Mn, P y S.

Las fundiciones son duras y frágiles, difíciles de soldar; no son dúctiles ni maleables y no se pueden forjar. Presentan mucha resistencia a los esfuerzos de compresión, pero no, en cambio, a los de tracción y choque. No obstante, la principal característica de la fundición es su facilidad de moldeo, debido a su buena fusibilidad, ya que, según el porcentaje de carbono en su punto de fusión puede descender hasta 100°C.

Según la estructura que presentan, su composición o el proceso de elaboración que se ha seguido para su obtención. Las fundiciones las podemos clasificar de la siguiente manera.

Tabla 3.- Clasificación de las fundiciones.

Según su estructura	• Fundición gris. • Fundición blanca. • Fundición atruchada.
Según su composición	• Fundición hipoeutéctica. • Fundición eutéctica. • Fundición hipereutéctica. • Fundición aleada.

Según su proceso de elaboración	• Fundición de primera fusión. • Fundición de segunda fusión. • Fundición maleable. • Fundición maleable blanca o europea. • Fundición maleable negra o americana. • Fundición endurecida. • Fundición en coquillo. • Fundición sintética.

Acero. Es una aleación de hierro y carbono en la que el porcentaje de éste último es inferior al 2%. Los aceros funden a temperaturas que oscilan entre los 1,300 y los 1,400°C, son dúctiles y maleables, se pueden imanar permanentemente; duros y resistentes a los esfuerzos de tracción y choque, presentan, sin embargo, una resistencia inferior a la compresión. Puede aumentar aún más su dureza por medio del temple.

Según el proceso de elaboración, su composición y sus aplicaciones, los aceros se clasifican de la forma siguiente:

Tabla 4.-Clasificación de los aceros.

Según el proceso de elaboración	Aceros comunes	- Al convertidor. - Martin-Siemens básico.
	Aceros finos	- Martin-Siemens ácido al horno eléctrico al crisol.
Según su composición	Aceros al carbono. Aceros aleados.	
Según sus aplicaciones	F-100 Aceros finos de construcción general. F-200 Aceros para usos especiales. F-300 Aceros resistentes a la oxidación y corrosión. F-500 Aceros para herramientas. F-600 Aceros comunes.	

Mecanizado para base superior.

Como en la mayoría de los casos, el mecanizado del armazón o base superior se realiza partiendo de material en bruto (fundición o acero, como se había mencionado anteriormente) con un excedente de 5 mm aproximadamente en todas las caras.

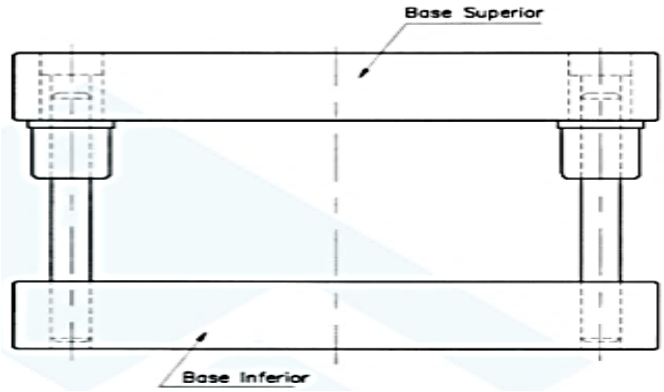


Ilustración 31.- Armazón de un troquel.

En otros muchos casos también se puede recurrir a la compra de armazones normalizados de fundición o de acero que se adapten a las medidas de nuestras necesidades. En éste último caso, el suministro se realiza como una sola unidad con las columnas o casquillos guía ya montados.

El proceso de mecanizado consta de:

1. Limpieza y escuadrado de piezas.
2. Punteado y taladrado de agujeros.
3. Mandrinado de agujeros.
4. Mecanizado de formas o rebajes.
5. Rectificado de caras.
6. Montaje de componentes.

2.4.2 BASE INFERIOR

Base inferior o porta matriz (parte fija). Es el elemento sobre el cual van montados todos los componentes que hacen parte de la matriz, y a su vez, está sujeta fuertemente en la bancada de la prensa durante la fase de trabajo. Esta base y los elementos que lleva montados hacen las funciones de apoyo y absorción de esfuerzos, ya que recibirán toda la fuerza de transformación que la prensa aplique, en caso de tener que absorberlos la placa matriz, se corre el riesgo de fractura debido a su fragilidad.

En la base inferior también se montan los postes guía que sirven para mantener la posición entre la parte superior e inferior, donde se encuentra fijo el punzón y la matriz respectivamente. La Ilustración 32 siguiente muestra los porta matrices.

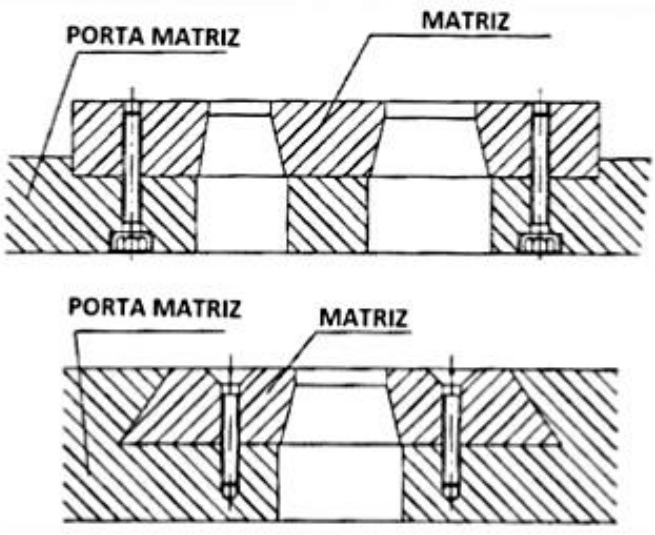


Ilustración 32.- Porta matriz

El armazón o base inferior de la matriz es el elemento sobre el cual van montados todos los demás componentes, y a su vez, descansa sobre la bancada de la prensa durante la fase de trabajo. Para el resto del troquel, la base y los elementos que lleva montados hacen las funciones de apoyo puesto que recibirán toda la fuerza de transformación que la prensa aplique sobre ella.

Sobre la base inferior se montan las columnas guía que sirven como referencia de centraje entre la parte superior e inferior, (parte móvil / parte fija). Asimismo, dicha base tiene la misión de absorber y neutralizar todas las fuerzas que inciden sobre su superficie durante la transformación.

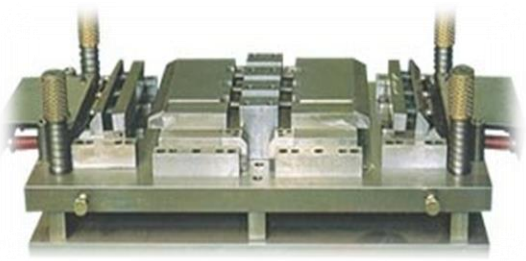


Ilustración 33.- Base inferior o armazón

Los componentes que aloja la base inferior son:

- Placa porta matrices.
- Matrices o segmentos de cortar, doblar o embutir.
- Reglas guías de banda.
- Placa sufridera inferior.
- Topes de avance.
- Columnas guía.
- Limitadores de picada.
- Pernos de transporte.

La base inferior al igual que la base superior, han de ir fuertemente fijadas a la prensa utilizando tornillos o bridas, ambas placas han de quedar alineadas y centradas entre sí por medio de las columnas de centraje.

Como en la mayoría de casos, el mecanizado del armazón o base inferior se realiza partiendo de fundición o material en bruto que posteriormente se mecaniza hasta dejarlo a las medidas indicadas en el plano.

En otros muchos casos también se puede optar por la compra de armazones normalizados que se adapten a nuestras necesidades. En éste caso, el suministro se realiza como una sola unidad en la que están incluidas la base superior e inferior.

El proceso de mecanizado consta de :

1. Mecanizado y limpieza de caras.
2. Mecanizado de agujeros y figuras.
3. Roscado y mandrinado de agujeros.
4. Montaje de componentes.

En general, el dimensionado de la base inferior conviene que sea bastante generoso, puesto que ha de resistir fuertes impactos y estará sometida a esfuerzos de todo tipo. Los valores principales que ha de tener son los siguientes:

1. Medidas adecuadas para su fijación en la prensa.
2. Espacio suficiente para acceder a todos los elementos que lleve montados.
3. Espesor adecuado al esfuerzo que debe soportar.
4. Paralelismo de 0.005 mm entre sus dos caras.

5. Planitud de 0.005 mm x 100 mm en toda la superficie de trabajo.
6. Perpendicularidad de 0.003 mm entre sus columnas y la base.
7. Rectificado de las caras de trabajo.

Cuando se trata de matrices de pequeñas y medianas dimensiones podemos emplear acero suave de construcción o armazones normalizados de fundición. Para matrices de tamaño grande siempre es más barato y práctico utilizar fundición.

Los materiales más utilizados son:

a) F111: para matrices de pequeño tamaño.
b) F112: para matrices de mediano tamaño.
c) Fundición: para matrices de gran tamaño.

Ilustración 34.- Base inferior.

El amarre de la base a la prensa generalmente se realiza con cuatro o más tornillos y bridas que deben dejarla inmovilizada sin permitir ningún movimiento o desplazamiento; la fijación de la placa a la matriz a la base se hace por medio de tornillos y pasadores que pueden ir orientados de arriba a abajo o al revés.

Esta última alternativa es más propia de matrices pequeñas que de grandes, aunque ambas han de ser aplicadas en función de una serie de valoraciones tales como; tamaño de las placas y de la propia matriz, facilidad de acceso a los elementos, espesor de las reglas guía, etc.

2.4.3 SUFRIDERA SUPERIOR

La función básica de la placa sufridera superior consiste en absorber sobre su superficie los sucesivos impactos de los punzones cada vez que estos impactan sobre su superficie.

Al impactar el punzón contra la chapa la resistencia que opone esta al ser cortada o doblada es transmitida a la cabeza del punzón y ésta a la placa más próxima.

El requisito imprescindible en todas las placas sufrideras es que estas estén construidas con un material lo más tenaz posible o bien que estén templadas para resistir los impactos mencionados.

Es fácil imaginar que, si se eliminan las placas sufrideras, las cabezas de los punzones se clavarán sobre las bases y en consecuencia el deterioro de la matriz será irreversible.

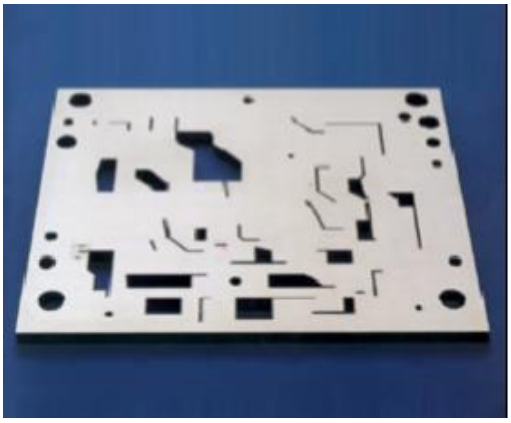


Ilustración 35.- Sufridera.

El mecanizado de las placas sufrideras se realiza partiendo de material en bruto el cual lleva un excedente de unos 5 mm aproximadamente para limpiar posteriormente.

El mecanizado se realiza de la siguiente forma:

1. Limpieza y escuadrado de caras.
2. Punteado y taladrado de agujeros.
3. Mecanizado de posibles figuras.
4. Templado y revenido.
5. Rectificado de caras.

Los materiales y tratamientos más apropiados son:

a) F-114 (Bonificado). Se emplea para sufrideras grandes.
b) F-522 (Templado y revenido HRc. 56-58), para pequeños tamaños.
c) F-524 (Templado y revenido HRc. 56-58), para piezas de tamaños medianos.

2.4.4 SUFRIDERA INFERIOR

La función básica de la placa de choque o sufridera consiste en absorber sobre su superficie los sucesivos impactos que recibe de los elementos que golpean sobre ella; éstos impactos se producen cada vez que los punzones cortan o doblan la chapa.

Cuando el punzón impacta contra la chapa, la resistencia que opone el material es transmitida a la superficie de la placa sobre la que se apoya. Un requisito imprescindible de todas las placas sufrideras es que tengan una superficie generosamente mayor que los punzones o casquillos sobre los que descansan.

En el caso de sufrideras de muy pequeño tamaño, los punzones o casquillos se clavarán sobre éstas y a su vez sobre las bases. Este fenómeno se puede agudizar siempre que tengamos punzones o casquillos de cabeza pequeña y éstos estén sometidos a fuertes impactos por razones de corte, doblado u otras transformaciones.

Aparte de las necesarias tolerancias dimensionales, tanto de longitud como de anchura o espesor, se debe poner especial atención en conseguir un máximo paralelismo entre las dos caras de trabajo para evitar que se produzca una falta de asiento de los elementos que se apoyan sobre la sufridera. Como en la mayoría de casos, el mecanizado de las placas sufrideras se realiza partiendo de material en bruto el cual llega con un excedente de unos 5 mm aproximadamente. Con respecto a su dimensionado es semejante a la de la sufridera superior.

2.4.5 PLACA MATRIZ O MATRICES.

La placa porta matrices o cajera tiene por misión alojar y posicionar en su interior todos los postizos o segmentos de pequeñas dimensiones que lleve la propia matriz, de ésta manera dichos componentes quedarán ajustados en su interior.

Se entiende, por tanto, que dicha placa porta matrices no necesitará de un tratamiento térmico puesto que no estará sujeta a contacto directo entre los punzones y la chapa. Vea la Ilustración 36.

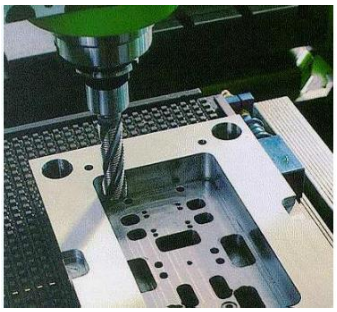


Ilustración 36.- Placa matriz.

Las medidas de anchura y longitud de una placa matriz van en función de las magnitudes y separaciones de las figuras que lleve en ella. Como norma orientativa se puede decir que la separación mínima desde el rebaje de la cajera hasta cualquiera de sus caras externas será de 2 veces aproximadamente su propio espesor.

Ilustración 37.- Placa matriz- cajera.

Matrices cortantes.

Las paredes verticales de cualquier matriz de corte han de llevar unas descargas o ensanchamiento en sus medidas que permitan la caída de los retales una vez que éstos hayan descendido unos pocos milímetros. Éstas paredes verticales a las que nos referimos (vida de matriz) acostumbran a tener unas medidas de entre 4 y 8 mm. La medida menor se utiliza en matrices pequeñas con poca producción y la mayor en matrices grandes con mayor producción.

Matrices especiales segmentadas.

En ocasione interesa que las matrices sean partidas o segmentadas, es decir, que conste de varios pedazos ensamblados y no de uno de gran tamaño; el motivo de ésta elección es generalmente para:

a) Facilidad de mecanizado.

b) Dimensiones elevadas.
c) Carencia de material de dimensiones apropiadas.
d) Dificultad en el tratamiento térmico.
e) Peligro de roturas.

En la Ilustración 38 (b) se muestra la complejidad de la forma de la matriz segmentada y en la Ilustración 38 (a) se puede apreciar que la matriz se puede conformar por partes o segmentos, ya que el mecanizado es mucho más sencillo que si se hace en una sola matriz, como se había mencionado anteriormente.

a) b)

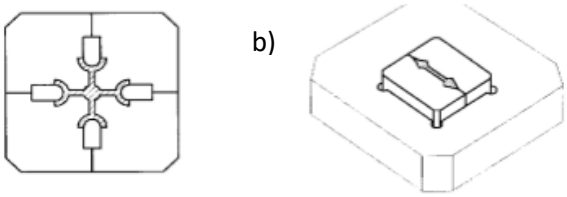


Ilustración 38.- Ejemplos de matrices segmentadas

Mecanizado de la cajera o porta matriz.

El mecanizado de la cajera o placa matriz se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de unos 5 mm aproximadamente en todas sus caras. En el caso de la cajera, una vez limpias y escuadradas sus caras se procederá al vaciado interior de la placa.

Materiales para la fabricación de la porta matriz.

a) F-112. Para placas de tamaño grande.
b) F-114, se emplea para placas de mediano tamaño.
c) F-522, es usado para placas de tamaño pequeño.

En cualquiera de los casos anteriores siempre habrá que considerar otros factores, como, por ejemplo:

1. Matriz de mucha o poca producción.
2. Vida total de la matriz.
3. Matriz pequeña o grande.
4. Tamaño de los segmentos.

En el caso de matrices o placas matrices hechas para cortar directamente sobre su superficie los materiales más apropiados pueden ser:

a) F- 522- Templado y revenido HRc. 60-62, matriz de poca producción.

b) F- 521- Templado y revenido HRc. 60-62, matriz de mediana producción.
c) 1.3344- Templado y revenido HRc. 62-64, matrices de alta producción.
d) Widia- Matrices de gran producción.

2.4.6 REGLAS DE GUIADO DE CHAPA

Las reglas guías de banda son uno de los componentes más característicos de las matrices progresivas; se construyen con el fin de guiar longitudinal y transversalmente la tira de chapa en su desplazamiento por el interior de la matriz.

Sus características de acabado no acostumbran a ser de gran dificultad, si bien la separación entre las dos reglas una vez montadas deberán permitir el avance de la banda, para lo cual, dicha separación siempre será superior a la anchura (+0.5mm. aprox.). Ésta holgura o tolerancia se deja con el fin de que la banda no quede frenada en su interior debido a posibles curvaturas, rebabas u otras deficiencias que pueda tener.

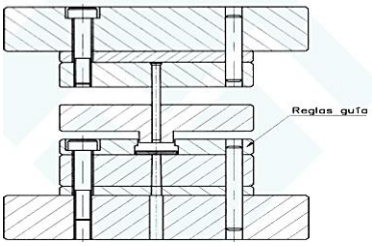


Ilustración 39.- Reglas guía.

En reglas de pequeño y mediano tamaño es suficiente con hacer un tratamiento térmico de templado y revenido en toda la pieza, sin embargo, en reglas de mayor tamaño se puede realizar un tratamiento termoquímico (bonificado, sulfinizado o nitrurado) que endurece la superficie exterior de la pieza sin perder su ductilidad o tenacidad en el núcleo.
En lo que hace referencia a las reglas guía se puede disponer de una gran variedad de formas y dimensiones dependiendo de sus tamaños y de las características de la matriz.

Reglas fijas tipo A.

Se utilizan en todo tipo de matrices sean del tipo de puente o bien con pisador, sean del tipo manual o bien progresivas.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

Su característica más significativa es su fácil construcción y el hecho de que se han realizado unos pequeños rebajes en sus caras interiores, (dibujo superior) que hacen reducir el roce del material al deslizarse por su interior.

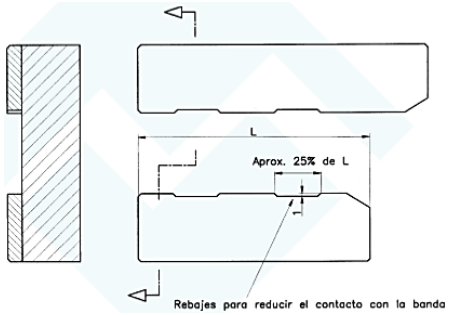


Ilustración 40.- Rebajes para reducir el contacto con reglas guía.

Reglas fijas para matrices progresivas.

Las reglas fijas previstas en útiles progresivos, van provistas con mucha frecuencia de topes laterales para realizar la sincronización del paso. Poseen una forma muy particular que se diferencian de las anteriores en los dos puntos siguientes:

- La existencia de un rebaje para la colocación del tope de avance. Este tope de avance puede preverse en una o en las dos reglas guía.
- La anchura de la calle no es constante, pues desde la entrada hasta la cuchilla la medida ser á mayor que desde la cuchilla hasta el final de la calle.

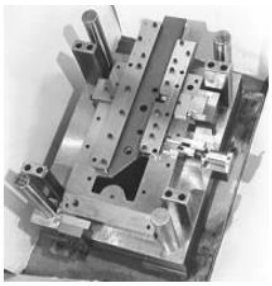


Ilustración 41.- Matriz progresiva con reglas fijas.

Cilindros guía retráctiles.

En ciertos casos cuando se requiere guiar la banda y al mismo tiempo elevarla durante su recorrido, es conveniente utilizar algún sistema que permita hacerlo sin ningún problema. El sistema se basa en varios pilotos cilíndricos con muelles en su interior, que son capaces de ascender y descender la banda cada vez que la matriz presione o deje de presionar sobre ellos. Ésta capacidad de movimiento, además del guiado longitudinal de la banda

ofrece la ventaja de ser uno de los sistemas más eficaces y económicos para casos de matrices de embutición o doblados con cierta altura, como se muestra en la Ilustración 42.

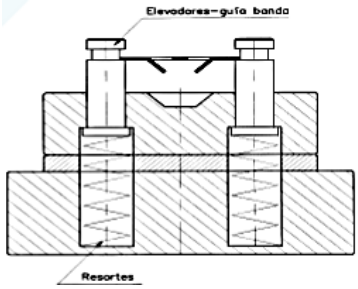


Ilustración 42.- Cilindros guía retráctiles

Mecanizado de las reglas guías.

En casi todos los casos, el mecanizado de las reglas se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de 5 mm aproximadamente en todas sus caras; éste excedente ha de servir para su limpieza y escuadrado en máquina herramienta.

El mecanizado de las reglas guía se realiza de la siguiente forma:

1. Corte de material.
2. Limpieza y escuadrado de caras.
3. Mecanizado de agujeros rebajes
4. Tratamiento térmico.
5. Rectificado y montaje.

Los materiales más adecuados para su construcción son:

a) F-114 (Nitrurado templado y revenido HRc. 48-50) reglas de tamaño grande.

b) F-522 (templado y revenido HRc. 54-56) reglas de tamaño pequeño.

En otros casos, también es aconsejable utilizar otros materiales de nitruración o cementación como por ejemplo el F171 y F174 o el F151 y F152 respectivamente.

Con cualquiera de ellos se obtienen durezas superficiales iguales a las del temple, pero permitiendo que el núcleo permanezca a la dureza de recocido, de ésta forma se minimizan las posibles deformaciones del tratamiento térmico y no se pierde la resistencia superficial al desgaste.

2.4.7 PISADOR O PRENSA CHAPAS (PLACA GUÍA PUNZONES)

La placa guía punzones ejerce tres funciones muy importantes:

1) Guiar los punzones.
2) Pisar la banda.
3) Extraer la banda de los punzones después de cortar.

Con los puntos mencionados se evita el pandeo de los punzones, las ondulaciones de la banda y la extracción de ésta de los punzones.

Durante el movimiento descendente de la matriz, la placa presiona sobre la chapa dejándola inmovilizada antes de que los punzones lleguen a tocarla. Seguidamente, los muelles que van montados sobre su superficie son comprimidos, mientras los punzones inciden sobre ella y la transforman, a continuación, la matriz asciende y los muelles recuperan su longitud.

La placa guía o placa puente desempeña las siguientes funciones:

a) Guiar la banda por su interior.
b) Guiar los punzones en los alojamientos que lleva dispuestos.

En las siguientes Ilustraciones (Ilustración 43, Ilustración 44 e Ilustración 45) se presentan algunos casos típicos de éstos tipos de guiado.

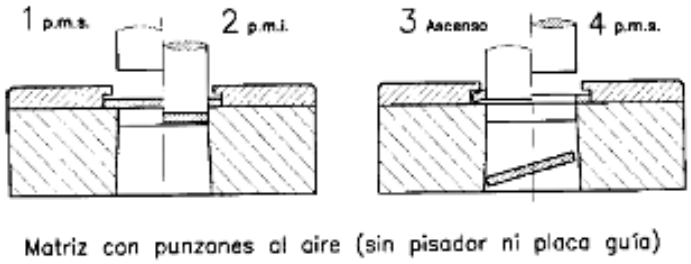


Ilustración 43.- Matriz sin pisador.

En éste primer caso que muestra la Ilustración 43, no es muy recomendable puesto que existe un gran riesgo de deformación de punzones y de las piezas.

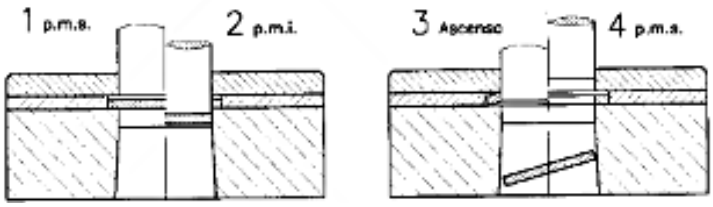


Ilustración 44.- Matriz sin pisador con placa guía.

En la Ilustración 44 se ve un claro ejemplo del segundo caso, que es la matriz con placa guía lo cual es ligeramente mejor que el anterior, pero sigue siendo poco recomendable para piezas de gran precisión.

El tercer caso, matriz con placa guía pisador es el mejor y más fiable que los dos anterior. En la Ilustración 45 se puede ver como el pisador mantiene plana la chapa antes, durante y después de su matrizado, lo que equivale a garantizar una correcta transformación de la misma.

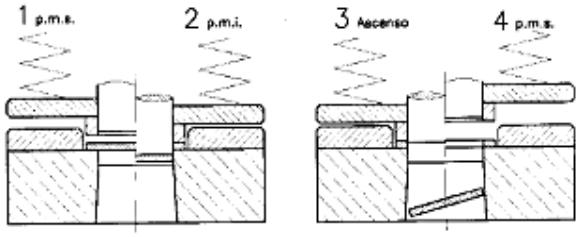


Ilustración 45.- Matriz con placa guía pisador

Mecanizado placa guía punzones.

El mecanizado de la placa pisador se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de unos 5 mm aproximadamente en todas sus caras, éste excedente ha de servir para su posterior limpieza y escuadrado de sus caras.

El mecanizado de la placa pisador se realiza de la siguiente forma:

1. Limpieza y escuadrado de caras.
2. Punteado y taladrado agujeros.
3. Mecanizado de alojamientos para punzones.
4. Erosionado de alojamientos (penetración o hilo).
5. Mandrinado y roscado de agujeros.
6. Rectificado de caras de apoyo.
7. Montaje de componentes.

Dimensiones.

Existen variadas formas sobre la construcción de las placas pisadoras, puesto que estos elementos no tienen una normativa de carácter universal capaz de ser válida para todo tipo de matriz; cada situación requiere su propia valoración y en función de ello se ha de diseñar y dimensionar la placa.

Materiales.

Materiales más aconsejables para su construcción:

a) F- 114 o F- 522: Para placas de tamaño pequeño.

a) F-114 o F-112: Para placas de tamaño mediano.
b) F-112 o Fundición: Para placas de tamaño grande.

2.4.8 PLACA PORTA PUNZONES

La finalidad de la placa porta punzones es la de alojar y fijar en su interior todos los punzones que lleve la matriz; estos punzones pueden ser de cualquier tipo o tamaño, pero han de tener una sola característica en común; han de estar sujetos y guiados en el interior de dicha placa impidiendo que puedan moverse o desprenderse.
La fijación y posicionamiento de la porta punzones a la base superior se hace por medio de tornillos y pasadores, teniendo especial cuidado en guardar un total paralelismo y perpendicularidad entre los punzones y sus respectivos alojamientos en la placa guía.

Mecanizado de la placa porta punzones.

Cuando los punzones vayan holgados en la placa porta punzones, siempre deberán ir guiados en la placa guía pisadora, el mecanizado y acabado de la primera placa (placa porta punzones) no requerirá de ningún tipo de acabado especial; una vez mecanizada la placa guía, se pasan las figuras de los punzones a la porta punzones y se da por finalizada su construcción.
El mecanizado de la matriz porta punzones se realiza de la siguiente forma:
1. Limpieza y escuadrado de caras.
2. Punteado y taladrado de agujeros.
3. Mecanizado de figuras.
4. Erosionado de alojamientos (penetración o hilo).
5. Mandrinado y roscado de agujeros.
6. Rectificado de caras.
7. Montaje de componentes.

En principio, puede decirse que la placa porta punzones no tiene unas medidas estándar a las que se deba construir, sus medidas dependen de la cantidad y tamaño de punzones que deba alojar y en general sus medidas exteriores acostumbran a ser las mismas de la placa matriz y la placa pisadora.

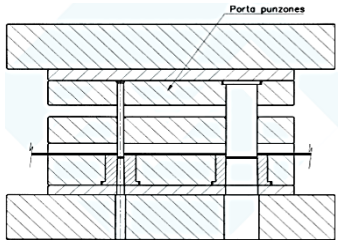


Ilustración 46.- Placa porta punzones.

El material empleado para la construcción de las placas porta punzones es el acero suave al carbono; cuando se desee que los punzones vayan ajustados con apriete y en consecuencia con exactitud y rigidez, interesa más construirla en acero de más resistencia y tenacidad, tal como el acero semi-duro.

a) F-114 o F-522. Para placas de tamaño pequeño.
b) F-112. Para placas de tamaño mediano.
c) F–111. Para placas de tamaño grande.

2.4.9 CENTRADORES

El montaje de pilotos centradores en las matrices tiene su razón de ser en el hecho de garantizar un desplazamiento correcto entre cada uno de los saltos que realiza la banda. De no ser así se podrían perder los puntos de referencia en común que tendrían éstas transformaciones y con ello generar desplazamientos en la chapa que ocasionarían irregularidades o defectos en las piezas matrizadas.

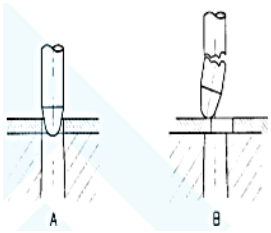


Ilustración 47.- Pilotos centradores.

Generalmente, éstos pilotos centradores van montados en la matriz porta punzones y necesariamente deben sobresalir más que la cara inferior de la placa pisadora, ésto último es imprescindible para asegurar que la chapa queda centrada antes de que actúen los punzones (como se muestra en la Ilustración 47 A). Si los centradores no actúan (Ilustración 47 B) la banda no irá a su sitio y se romperá el piloto y la banda.

En la Ilustración 48 (A, B y C) se puede observar el proceso correcto de centrado de banda mediante punzones o pilotos centradores.

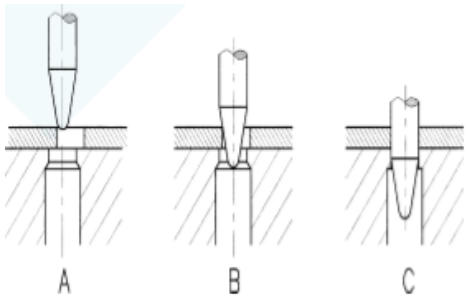


Ilustración 48.- Correcto centrado de banda.

Pilotos para asegurar el paso de la banda (chapa metálica).

Se sabe que el alimentador que ejerce la función de avanzar la banda lo hace de forma uniforme y regular, pero en algún caso también cabe la posibilidad de que se produzcan errores; la forma de impedir este problema solo puede solucionarse si montamos pilotos centrados y garantizamos un avance correcto de la banda.

La ubicación de éstos pilotos dentro de la matriz (Ilustración 49), ha de ser en una zona del eje de simetría longitudinal de la banda y justamente en el paso siguiente al del corte del agujero previo que se ha de hacer. Éste agujero ha de realizarse en el primer paso de la matriz para que en caso de error los pilotos puedan actuar desde el primer momento de la entrada de la banda.

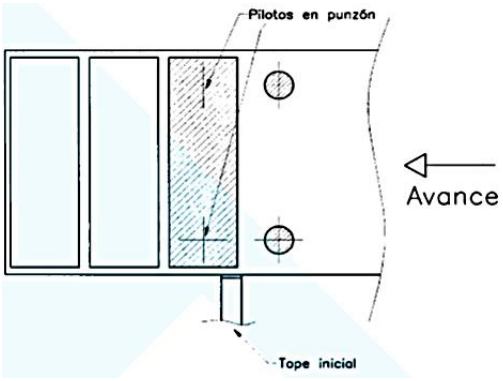


Ilustración 49.- Pilotos centradores.

Los pilotos centradores han de asegurar la simetría de 2 piezas que fabrica la matriz de forma que no existan diferencias entre ninguna de ellas; para éste caso se hace necesario montar centradores a ambos lados de la banda para mejorar su centraje e impedir cualquier

error de desplazamientos después de varios avances. Los centradores también podrían ir situados en otros agujeros de la propia pieza o aprovechando las formas que ésta lleva. (Vea la Ilustración 50).

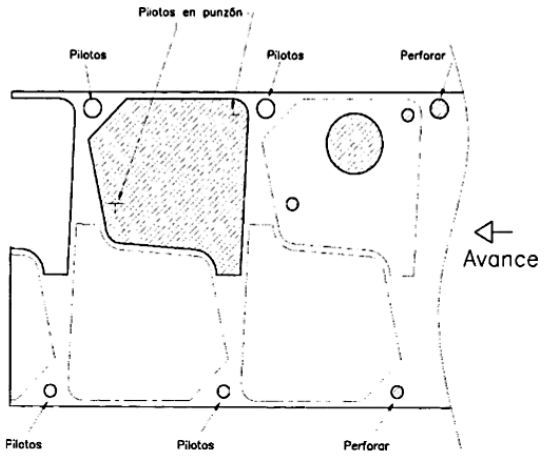


Ilustración 50.- Pilotos en punzón para simetría de piezas.

Los pilotos centradores sirven para centrar la banda de material con respecto al resto de la figura que ha de cortarse en los pasos siguientes.

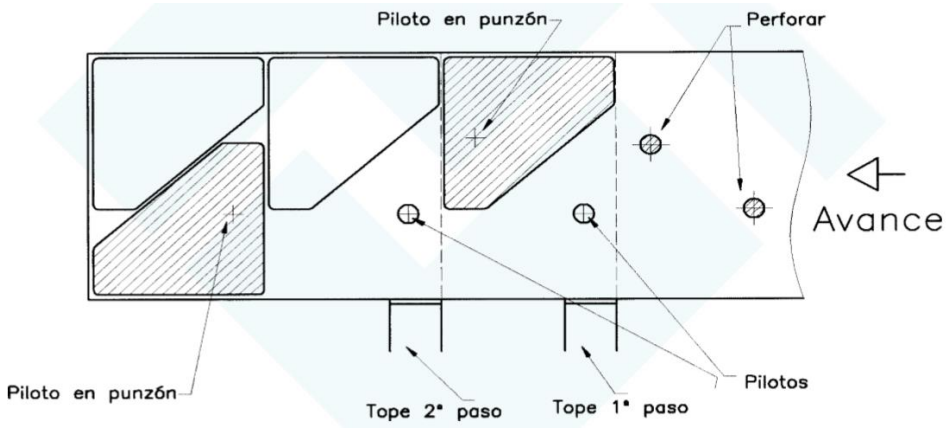


Ilustración 51.- Pilotos para centrar la banda y las piezas.

Éste tipo de pilotaje corresponde a casos de piezas en que las que se aprovechan los agujeros que llevan las piezas para realizar el pilotaje.

Los pilotos centradores no van montados en la placa porta punzones, sino que van montados sobre los propios punzones que han de doblar las piezas.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

Ésta situación de trabajo comporta un cierto riesgo de roturas, de forma que si la pieza no se encontrara mínimamente bien posicionada el centrador no la posicionaría y en consecuencia rompería la pieza, la matriz y el propio centrador.

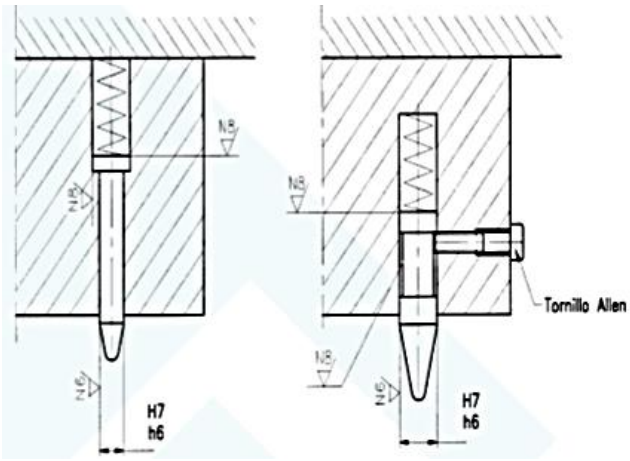


Ilustración 52.- Pilotos centrados retráctiles (por muelle).

En la Ilustración 52 se puede apreciar un claro ejemplo del funcionamiento de éste tipo de pilotos, la forma en la que actúa con los muelles internos, es que éstos permiten que en caso de que exista un error en los pilotos puedan esconderse sin producir roturas de piezas ni matriz. Ese muelle interno solo ha de mantener el piloto extraído para que realice el correspondiente centraje de la banda.

Pilotos centradores para dobladores.

Ésta parte de la investigación es de vital importancia porque el proceso de fabricación de la pieza lleva operaciones de doblado y esto puede ser una solución bastante conveniente para el proceso de ahorro de tiempo en lo que concierne a la parte de centrar la chapa metálica. Para ello se muestran dos ejemplos que podrían ser usados.

En la Ilustración 53 se puede ver el piloto centrador montado en un pisador-extractor inferior de la matriz que ayuda a posicionar y centrar la pieza antes de ser doblada. El centrador va sujeto al propio extractor inferior mediante una tuerca y una contra tuerca, para impedir su salida y facilitar el montaje y desmontaje cada vez que sea necesario. En éste caso, la importancia principal del centrador es garantizar que la pieza mantenga constantemente las medidas A y B.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

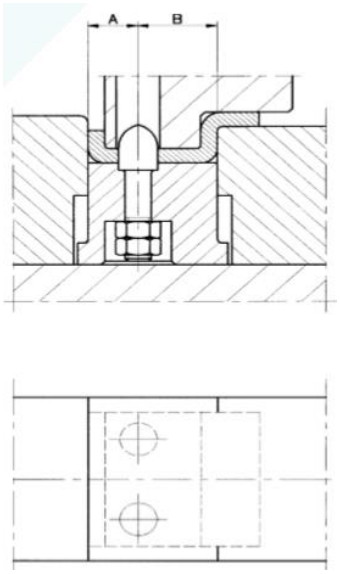


Ilustración 53.- Piloto centrador montado en un pisador-extractor inferior.

En éste segundo ejemplo (Ilustración 54) se muestran unos pilotos centradores montados en un punzón de doblar, que a su vez va equipado con un extractor central encargado de extraer la pieza después de ser doblada.

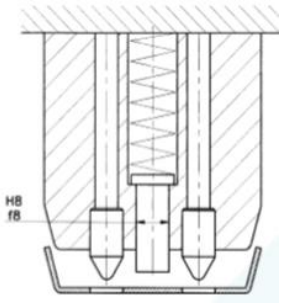


Ilustración 54.- Pilotos centradores montados en un punzón de doblar.

Los centradores se han previsto de tal forma que han de ser introducidos en sus respectivos alojamientos mediante un ajuste fuerte y con agujeros de menor diámetro para que hagan tope en su introducción (H8/f8 como se muestra en la Ilustración 54). Éstos mismos agujeros han de servir para extraer los centradores si es necesario cambiarlos o modificarlos.

Montaje de los pilotos centradores.

El montaje y sujeción de los pilotos centradores pueden ser múltiples y variadas, desde el

montaje más habitual hecho en la matriz porta punzones hasta algunos de los ejemplos que se mostrarán a continuación. La Ilustración 55 muestra un centrador montado en otro punzón de mayor tamaño y ajustado en toda su altura.

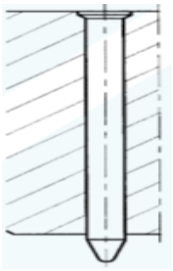


Ilustración 55.- Centrador montado en un punzón.

En el ejemplo que se ve en la Ilustración 56 se muestra el mismo caso anterior, pero ésta vez reduciendo la zona de ajuste del centrador mediante un agujero de mayor diámetro hecho en el punzón.

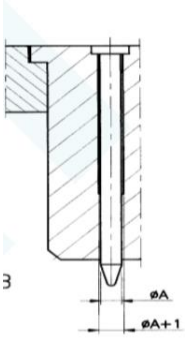


Ilustración 56.- Reducción de ajuste.

Las siguientes Ilustración 57 e Ilustración 58 muestran dos casos distintos de sujetar a los centradores.

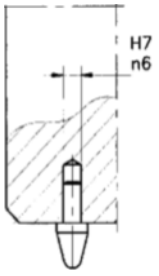


Ilustración 57.- Ajuste y clavamiento de centrador.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

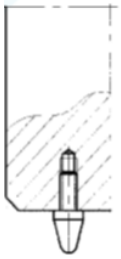


Ilustración 58.- Roscado de centrador.

Dimensiones de los pilotos centradores.

Las características dimensionales más importantes son:

1. Medidas exteriores: -0.05 a 0.1 mm. menores que el alojamiento.
2. Altura de centraje de 2 a 4 veces el espesor de la chapa.
3. Cono de centraje aproximadamente de <> 30º.
4. Condición principal: que el centrador sea efectivo antes que el pisador.

Nota: Siempre que se trabaje con alimentador de banda, es necesario que sus pinzas la liberen durante unos instantes mientras que dura la fase de descenso e introducción de los centradores. Ésta operación tiene su razón de ser, en el hecho de permitir que la banda pueda acomodarse a su emplazamiento más correcto sin necesidad de vencer la fuerza con que las pinzas la estarán sujetando. Siempre la abertura de las pinzas debe producirse desde el momento que la punta del centrador emboca en la chapa, hasta que ésta haya quedado totalmente posicionada.

Mecanizado de los pilotos centradores.

El mecanizado de los pilotos se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de unos 5 mm. aprox. en todas sus caras. Si son de tipo cilíndrico se acostumbra a partir de punzones normalizados y se les mecaniza el cono de la entrada.

Materiales para la fabricación de los pilotos centradores.

a) F-112 Para pilotos de forma sin tratamiento.
b) F-114 Para pilotos de forma con tratamiento (HRc. 50-54).
c) F-114 Para pilotos con o sin forma (Nitrurados, Tem. y Rev.).
d) F-522 Para pilotos o mascarillas con tratamiento (HRc.52-54).

Considerar otros factores como, por ejemplo:

1. Tamaño de los centradores.

2. Formas a realizar.
3. Tolerancias de la pieza.

2.4.10 PUNZONES

Los punzones tienen por objeto realizar las máximas transformaciones (cortar, doblar, embutir, etc.), a fin de obtener piezas con una calidad acorde a las medidas indicadas en el plano. En el caso de los punzones también se les conoce con el nombre de *macho* cuando son de medianas o grandes dimensiones; en el caso de tamaños pequeños es más común denominarlos punzón.

La altura total de los punzones puede variar entre cada tipo según sean las características generales de la matriz y de las transformaciones que realicen, en líneas generales las alturas están comprendidas entre 60 y 100 mm., siendo la medida más común la de 70 mm. de altura.

Ilustración 59.- Punzones.

Las principales características que deben reunir todo tipo de punzones son:

a) Materiales y tratamientos adecuados a cada transformación.
b) Buena resistencia al desgaste.
d) Facilidad de construcción y mantenimiento.
e) Precisión de medidas.
f) Buenos acabados superficiales.

El perfil de los punzones cortantes que lleve la matriz siempre serán igual a la geometría de las piezas que han de fabricar, pero tanto en estos como en los de doblar o embutir deberán dimensionarse de forma apropiada a las características de su trabajo.

Las características más importantes son:

a) Buena sujeción y posicionamiento en la matriz.
b) Dimensionado acorde a las fuerzas a que está sometido.
c) Buenos materiales de construcción.
d) Adecuados tratamientos térmicos.
e) Buenos acabados.

Los punzones cambian de acuerdo a las necesidades que el cliente requiera o en algunos casos en la forma en la que el troquel esté diseñado; a continuación, se muestran algunos de los tipos de punzones que más se usan de acuerdo a los problemas que más ocurran durante las operaciones de troquelado.

Punzón de cabeza forjada.

Éste es uno de los punzones más clásicos utilizados en matricería, no hace falta decir que su cabeza se ha obtenido mediante forjado en frio, haciendo fluir el material hasta obtener la forma de sombrero cónico en su cabeza. Éstos punzones, independientemente de la forma de su cabeza también pueden construirse en formas lisas, talonados, mechados, etc., como cualquier otro punzón de la matriz.

La ventaja de este tipo de punzones (Ilustración 60), radica en su fácil mecanizado siempre que sean cilíndricos; en estos casos, se pueden fabricar de una forma rápida en el torno partiendo de una barra calibrada y posteriormente darles el tratamiento térmico. Finalmente, se les hace el forjado de su cabeza previo calentamiento de la zona a trabajar, una vez templado y rectificado solo queda ajustar y montar en la matriz.

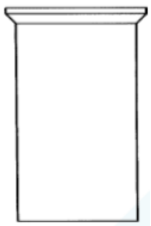


Ilustración 60.- Punzón de cabeza forjada.

El proceso de ejecución de la cabeza también puede hacerse antes del temple si se procede al martilleado de dicha zona.

El mayor inconveniente de éste tipo de cabezas radica en que no posee una superficie de apoyo demasiado amplia y definida como en los punzones de cabeza cilíndrica o

mecanizada, con lo cual existe el riesgo de que en punzones de pequeña sección su cabeza tenga tendencia a clavarse en la placa porta punzones.

Punzón de cabeza mecanizada.

La cabeza se mecaniza en el torno aprovechando la misma operación de cilindrado que se hace al resto del punzón. Este proceso puede provocar un mayor riesgo de roturas en la cabeza del punzón (a tracción) debido a la rotura de fibras que se han producido durante el mecanizado. En la Ilustración 61 se puede observar la forma que tiene éste tipo de punzones.

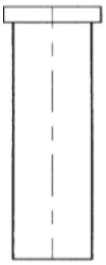


Ilustración 61.- Punzón de cabeza mecanizada.

También se utilizan cuando tenga qué trabajar con chapas gruesas o de alta resistencia, puesto que los esfuerzos de transformación a que están sometidos obligan a reforzar su cabeza; sin embargo, en todos los casos hay que poner especial atención en no dejar cantos vivos en los cambios de sección haciendo radios en dichas zonas.

Punzones talonados.

Muchos de los punzones montados en las matrices realizan cortes o doblados parciales de forma que al trabajar una sola parte de su perfil el propio punzón queda sometido a una mayor carga de flexión lateral que en muchas ocasiones puede llegar a romperlo o deformarlo.

La solución más generalizada aplicada para éstos casos, pasa por montar una pastilla o talón en el lado opuesto a la zona de corte o doblado, de forma que actúe como reacción a las fuerzas laterales e impida el desplazamiento lateral del punzón.

Ésta pastilla incorporada y sujetada al lateral del punzón, se introduce en la matriz antes de que este actúe e impide su desplazamiento lateral. En las siguientes Ilustraciones se muestran algunos ejemplos de las posibles soluciones que se le puede dar a éste problema.

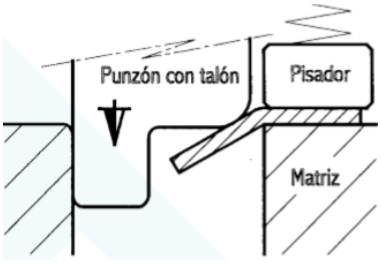


Ilustración 62.- Punzón de corte talonado.

En la Ilustración 62 se ha previsto una reacción que forma parte del mismo punzón y se mecaniza como una sola unidad.

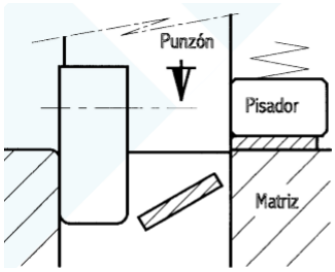


Ilustración 63.- Punzón con reacción sujetada mediante tornillos.

En la Ilustración 63, la reacción es una pastilla independiente que se mecaniza por separado y se sujeta al punzón mediante tornillos y pasadores.

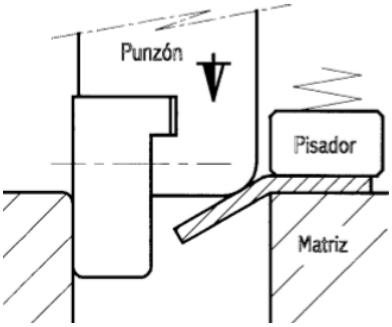


Ilustración 64.- Punzón sujetado mediante chavetero.

En la Ilustración 64 se ve una pastilla independiente al punzón, pero se sujeta al punzón mediante un chavetero y los correspondientes tornillos y pasadores.

En las ilustraciones anteriores se presentan casos aplicables a cualquier tipo de matriz que pueda presentar el problema antes mencionado; sin embargo, las medidas de los talones

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

deberán hacerse teniendo en cuenta el espesor de la chapa, su resistencia y la longitud o zona de doblado.

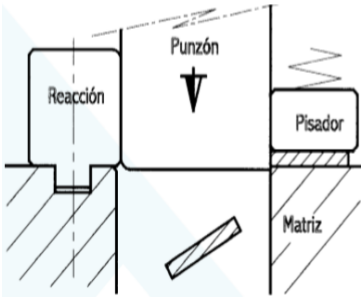


Ilustración 65.- Punzón adherido en la matriz (parte inferior).

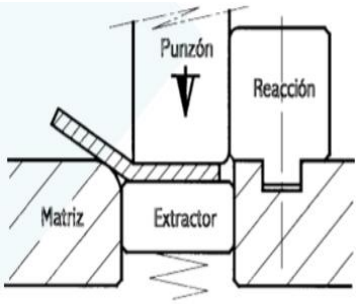


Ilustración 66.- Punzón adherido en la matriz (parte inferior) sin pisador.

Una cosa sí que debe ser común para todos ellos; los talones tendrán que estar construidos con materiales de alta resistencia al desgaste y con un tratamiento térmico adecuado que impida su agarrotamiento o desgaste contra la parte de rozamiento; en casos de bajas producciones y gran tamaño de punzones las reacciones pueden construirse con materiales tipo: bronce o acero y con insertos de grafito autolubricante. En la Ilustración 65 e Ilustración 66 se muestran dos posibilidades para dar solución a ese tipo de punzones, la diferencia primordial de éstos dos últimos consiste en que los talones de reacción están puestos en la parte inferior (matriz) y no en la superior (punzón) como los se había visto anteriormente.

Punzones cilíndricos de pequeño diámetro (envainados).

Cuando se trate de emplear punzones de pequeño diámetro, corremos el riesgo de que éstos puedan romperse con facilidad y se necesita encamisarlos dentro de otro punzón de mayor tamaño. Con ésta solución el punzón de menor tamaño quedará protegido por el mayor y se eliminará el riesgo de pandeos y roturas (Ilustración 67).

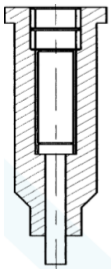


Ilustración 67.- Punzón envainado.

Cuando se tengan dudas sobre su durabilidad o resistencia puede recurrir a éste tipo de solución que siempre es válida para todo tipo de punzones y formas.

Punzón atornillado.

El sistema de sujeción por tornillos (Ilustración 68) es uno de los más utilizados actualmente, sobre todo en punzones con perfiles complicados y que necesiten ser montados y desmontados con frecuencia. Su facilidad de mecanizado en máquinas de erosión o de hilo hacen que sean fácil de construir y de suplementar a la hora de hacer mantenimiento.

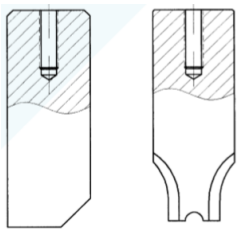


Ilustración 68.- Punzones atornillados.

Punzón con pasador.

El sistema de fijación por medio de pasadores (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) es especialmente indicado para punzones con perfiles estrechos que no se pueden sujetar con tornillos. Los pasadores se sitúan a la altura de la cabeza y cruzan transversalmente el punzón, de forma que sobresalen por ambos lados (el equivalente a dos veces su diámetro) para descansar en la regata que se ha hecho en la placa porta punzones.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

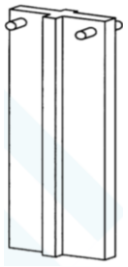


Ilustración 69.- Punzón sujetado por pasadores.

Punzones de cambio rápido.

La utilización de punzones de cambio rápido, está especialmente destinada a matrices de alta producción o bien a troqueles de gran tamaño; la ventaja de este sistema se basa en facilitar el cambio de los punzones sin desmontar la matriz de la prensa.

El sistema de montaje y desmontaje de los punzones permite que en un corto período de tiempo sea factible sustituir el punzón sin necesidad de prolongar excesivamente el paro de la producción.

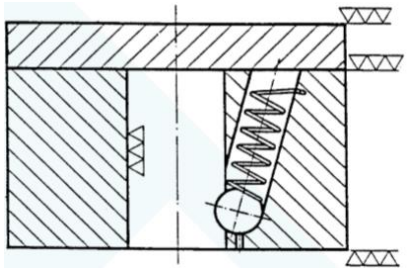


Ilustración 70.- Punzones de cambio rápido.

El funcionamiento consiste en introducir el punzón en su alojamiento la esfera retrocede y deja que este llegue hasta el fondo, en ese momento, la esfera se colocará en el alojamiento del punzón e impedirá que este pueda salir.

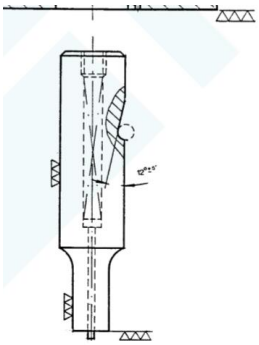


Ilustración 71.- Funcionamiento de los punzones de cambio rápido.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

Solo podrá extraerse si desplazamos nuevamente la esfera con la ayuda de una varilla que se introduce por un agujero que hay bajo la esfera.

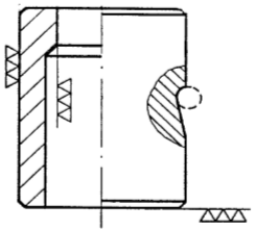


Ilustración 72.- Desplazamiento de la esfera.

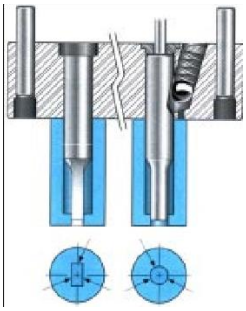


Ilustración 73.- Punzón de cambio rápido.

Punzones cilíndricos mechados.

Cuando se trate de emplear punzones de pequeño diámetro se corre el riesgo de que éstos puedan romperse debido a su sección tan poco resistente. Éste problema puede verse aumentado en el caso de trabajar con chapas de elevada resistencia en operaciones de corte, doblado o embutición. Cuando se tengan dudas sobre su durabilidad, se podrá recurrir a ciertas construcciones especiales como las que se observan en la Ilustración 74.

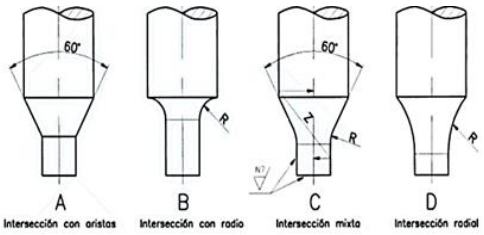


Ilustración 74.- Cambios de perfil para aumentar la resistencia en los punzones.

Punzones segmentado o soldados.

El sistema de punzones segmentados y soldados (Ilustración 75), es uno de los más utilizados en punzones y matrices de gran tamaño. Su aplicación permite ahorrar material

y facilitar su mecanizado. Una vez hecho el tratamiento térmico de los diferentes segmentos se han de rectificar y unir al resto del elemento para proceder a soldarlos a un cuerpo de mayor tamaño. Éste cuerpo de mayor tamaño será el que vaya montado en la placa porta punzones o sujeto directamente con tornillos a la base.

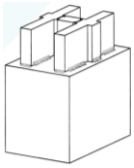


Ilustración 75.- Punzón soldado.

Punzones mecanizados o erosionados.

El sistema de punzón mecanizado o erosionado (Ilustración 76) es especialmente indicado para punzones con perfiles pequeños pero que necesiten estar reforzados en sus figuras.

Ilustración 76.- Punzones mecanizados.

Cuando tenga un punzón con una figura poco resistente y quiera reforzarlo para evitar roturas, se podrá optar por mecanizar esa figura en una pequeña parte de su altura y al resto darle otra forma de mayor tamaño. La ventaja de que puede mecanizarse de dos formas distintas; en un primer lugar hacerlo en fresadora convencional siempre que la figura sea admisible de dejarla terminada y en segundo lugar hacerlo en erosión de penetración, previa construcción de los electrodos correspondientes en EDM.

Ilustración 77.- Punzones mecanizados o erosionados.

Punzones de paso.

Con el fin de garantizar un avance correcto de la banda en la matriz, se utiliza el sistema de tope mediante cuchilla de paso o corte auxiliar, que otorga a la banda la seguridad de un avance correcto y seguro. Éste sistema, consiste en realizar un corte lateral en la tira de chapa con una longitud equivalente al paso de la matriz, de forma que al avanzar ésta, la parte más ancha chocará contra un tope dispuesto sobre la placa y garantizará un avance correcto. En la siguiente Ilustración 78 (a y b) se puede observar algunos de los ejemplos aplicados en ésta situación.

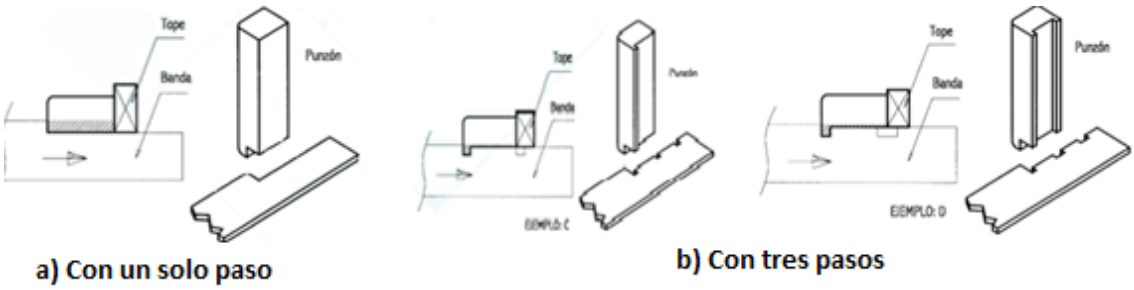


Ilustración 78.- Punzones de paso.

El mayor inconveniente a nivel económico consiste, en un mayor consumo de materia prima en la anchura del material.

2.4.11 SISTEMAS DE GUIADO

Las dos partes más importantes del troquel (superior e inferior) necesitan ser guiadas en todo momento para garantizar una total concentricidad entre ambas. Ésta labor importante se deja en manos de varias columnas de guiado que van montadas en una de las partes y que se encargan de posicionarlas y centrarlas.

En la Ilustración 79 se puede ver un sistema de guiado mediante jaula de bolas y su casquillo correspondiente. Éste sistema de guiado se utiliza preferentemente en matrices de pequeño tamaño, que trabajan con altas velocidades y que las fuerzas que se produzcan en su interior sean lo más compensadas posibles. En caso de que no se den estas circunstancias, las jaulas estarán sometidas a diferentes fuerzas laterales de trabajo que harán perder los rodamientos en poco tiempo.

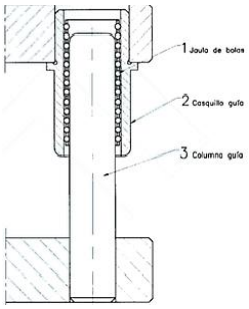


Ilustración 79.- Sistema de guiado mediante jaula.

En la Ilustración 80 se observan las dos posiciones de trabajo de la matriz; la primera con la matriz abierta y con la jaula precentrada en la columna guía, y la segunda con la matriz cerrada y la jaula guiada en toda la columna. En casos como éstos es conveniente que en la parte inferior de la jaula se ponga algún tope o limitador que impida su caída o desplazamiento hacia abajo.

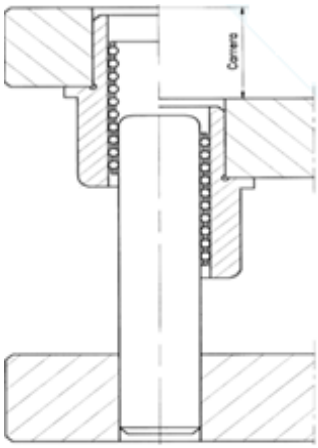


Ilustración 80.- Sistema guiado mediante jaula con dos posiciones.

En un principio la ventaja más acusada de éste sistema respecto al más convencional de columna y casquillo por fricción, consiste en una gran reducción de holgura de ajuste entre los tres elementos que lo componen, el montaje de la columna dentro del casquillo de bolas se realiza mediante una ligera tensión previa, resultando la ausencia total de holgura. Posteriormente, se dispone de otra serie de condiciones ventajosas añadidas como son:

a) Movimiento del sistema muy ligero.
b) Desgastes de rozamientos muy bajos.
c) Poca lubricación y mantenimiento.

Forma y dimensiones de los sistemas de guiado.

La forma de la columna y del casquillo pueden ser de dos tipos diferentes: el más habitual de columna y casquillo por rozamiento o el de jaula de bolas por rodamientos.

En el caso de éste segundo, la medida del diámetro de la columna y del interior del casquillo han de ser consideradas de tal manera que entre ambas se aloje el diámetro de la bola menos un cierto apriete que dará lugar a una ligera tensión previa.

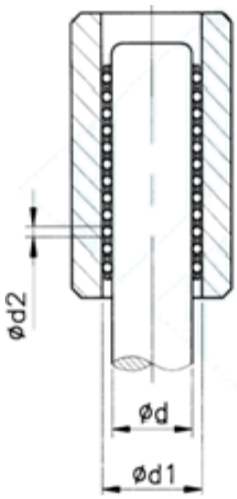


Ilustración 81.- Sistema de guiado por jaula.

Tabla 5.- Tabla de tensión de acuerdo al diámetro de la columna guía.

z	Ød
0.001 a 0.006	<20
0.004 a 0.008	20-50
0.006 a 0.012	>50-100

Ecuación 1.- Diámetro de la columna guía.

$$\emptyset d = \emptyset d_1 - 2\emptyset d_2 + z$$

Ecuación 2.- Diámetro relación matriz-columna guía.

$$\emptyset d_1 = \emptyset d - 2\emptyset d_2 - z$$

En la Ilustración 81 se marcan medidas importantes para el sistema de guiado y en la Tabla 5 se puede apreciar el valor de la tensión (z), que va en función del diámetro de la columna utilizada en cada caso; también se muestran las diferentes fórmulas para hallar los diámetros afectados tanto en la columna como en el casquillo.

Montaje de las columnas de guiado.

En las tres siguientes ilustraciones se observan otros tantos tipos diferentes de montaje y también se pueden apreciar las tolerancias de ajuste de cada uno de los elementos.

El tipo nº 1 (Ilustración 82) muestra una columna guía clavada en la base inferior y un casquillo guía dispuesto sobre la base superior. El grado de ajuste de ambos es forzado

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

duro con unas características de montaje y desmontaje próximas a la utilización de prensa o maza dura.

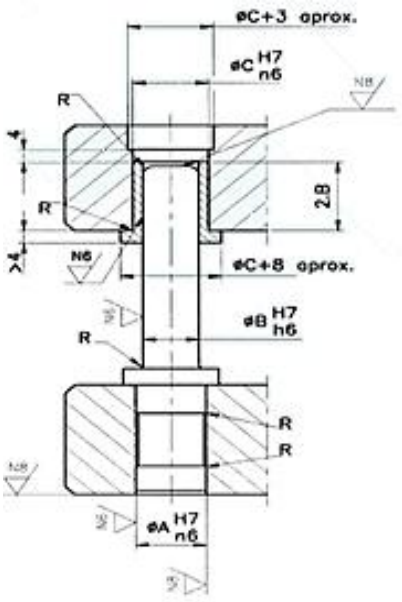


Ilustración 82.- Columna guía clavada.

El tipo nº 2 (Ilustración 83) es igual que el anterior excepto en la altura de ajuste de la columna en la base; para este caso se ha dejado que sea toda la altura que está introducida en la base la que también esté ajustada.

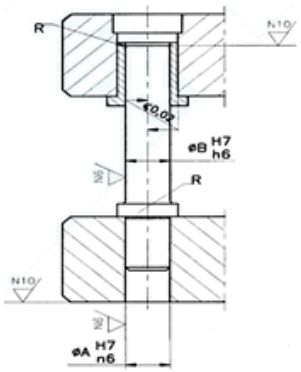


Ilustración 83.- Columna guía clavada con cambio de ajuste.

El tipo nº 3 (Ilustración 84) es un ajuste forzado ligero por lo cual se hace necesario poner un tornillo de fijación de la columna que impida el giro o deslizamiento de la misma.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

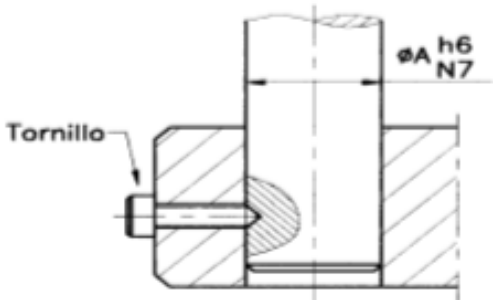


Ilustración 84.- Columna guía con ajuste forzado ligero.

Las columnas y los casquillos guía se suele realizar con acero de cementación para templarlos a una dureza de HRc. 60-62; lo más habitual es comprarlos normalizados y montarlos en los armazones de las matrices. En otras ocasiones los casquillos guía también se construyen en bronce fosforoso con o sin lubricación de tipo grafitado. Los materiales utilizados son:

- Columnas y casquillos: Acero F155 cementados, templado y revenido HRc 60-62.
- Casquillos guía: Bronce o bronce con grafito.
- Jaulas de bolas: Acero, aluminio o bronce.

El mecanizado de algunos sistemas de guiado como las columnas son rectificadas con una tolerancia de ajuste h4 con unas características de juego deslizante en piezas que llevan lubricación. Antes de ejecutarse este rectificado final de las columnas o casquillos, sometemos las piezas al tratamiento correspondiente y posteriormente se procederá al acabado general.

Para la colocación de cualquiera de estos elementos, siempre es aconsejable seguir las instrucciones de los fabricantes indicados en los catálogos; esto ya se había mencionado con anterioridad en los temas anteriores.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

CAPÍTULO 3: ACTIVIDADES DESARROLLADAS

3.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE TRABAJO.

Como punto de partida se dio inicio con el reconocimiento del área de trabajo, así como la capacidad de planta; de ésta manera se pudo identificar la problemática para el proceso de fabricación en la empresa; esto conlleva al planteamiento del problema y a establecer objetivos a cumplir con la finalidad de reducir tiempos de elaboración de un troquel.

Con ese propósito se dio marcha en el estudio de la capacidad de trabajo que tienen las máquinas que utilizan, así como las herramientas manuales y la mano de obra.

A continuación, se muestran algunas características de las máquinas empleadas.

- DMC 1450 V (DMG MORI): ésta es una fresadora de CNC de 3 ejes, con las siguientes características.
  - ✓ Capacidad de peso máximo= 2000 Kg.
  - ✓ Recorrido en Xmáx= 1,450 mm.
  - ✓ Recorrido en Ymáx= 700 mm.
  - ✓ Recorrido en Zmáx= 550 mm.
  - ✓ Longitud de mesa= 1,760 mm.
  - ✓ Ancho de mesa= 750 mm.
  - ✓ Velocidad del husillo= 20,000 rpm.
  - ✓ Motorsprindle SK50/HSK-A100 con 10, 000 rpm y 303 Nm.
  - ✓ Postprocesador Heidenhain.
  - ✓ Almacenamiento máximo para 120 herramientas.

Ilustración 85.- DMC 1450 V.

- Mandriladora Retos Varnsdorf (WH 10 CNC): mandriladora que usualmente se emplea para el barrenado, careado y desbaste de los bloques de las piezas antes de que se procesen en la fresadora DMC, ésta cuenta con las siguientes características.
  - ✓ Diámetro del husillo= 100 mm.
  - ✓ Husillo cónico ISO 50.
  - ✓ Velocidad del husillo= 5 a 1.400 rev/min.
  - ✓ Max. peso pieza de trabajo= 3000 kg.
  - ✓ Movimiento longitudinal de la mesa= X 1120 mm.
  - ✓ Movimiento lateral de la mesa= 1,250 mm.
  - ✓ Eje Y del sistema= 940 mm.
  - ✓ Postprocesador Heidenhain 410.

Ilustración 86.- Mandriladora WH 10 CNC.

- Fresadora convencional Almill 10x54: con ésta máquina se trata de avanzar con las piezas, de manera que el desbaste se comienza haciendo desde éste punto; luego se procede a realizar los barrenos o cuando algunas de las piezas no tienen las medidas específicas se les realiza el desbaste o cuando se requiere de algún ajuste. Cumple con los siguientes criterios:
  - ✓ Tamaño de la mesa= 10” x 54”.
  - ✓ Carrera de la mesa en X= 36”.
  - ✓ Carrera de la mesa en Y= 17-1/2”.
  - ✓ Carrera vertical de la mesa= 16-1/2”.
  - ✓ Distancia del husillo de la mesa= 0-18”.
  - ✓ Carrera del husillo= 5”.
  - ✓ Avance del husillo= 0.0015”, 0.003”, 0.006”.

- ✓ Cono del husillo= ISO-40.
- ✓ Velocidades= 16(80-5440 rpm).
- ✓ Motor= 3 HP, 220 V.
- ✓ Peso de la máquina= 1400 Kg.

Ilustración 87.- Fresadora convencional.

- Rectificador manual: se usa para darle los últimos acabados a la pieza de trabajo y para rectificar la cara inferior para poder escuadrar la pieza antes de cualquier mecanizado (CNC o fresadora manual).

  A continuación, se muestran las especificaciones de éste tipo de máquinas.

  - ✓ Tamaño máximo de la pieza de trabajo= 600×250×490 mm.
  - ✓ Longitud máxima de esmerilado= 600 mm.
  - ✓ Amplitud máxima de esmerilado= 250 mm.
  - ✓ Distancia desde la superficie del mesón al centro del eje= 490 mm.
  - ✓ Tamaño del mesón= 550×260 mm.
  - ✓ Velocidad del mesón de trabajo= 3-23 m/min.
  - ✓ Alimentador transversal de manivela= Graduación 0.02mm (2.5 mm/r).
  - ✓ Alimentador vertical de manivela= Graduación: 0.01mm (1.25 mm/r).
  - ✓ Tamaño de la rueda (diámetro × ancho × esmerilado) = 200×16×31.75 mm.
  - ✓ Velocidad del eje= Motor con transformador de frecuencia r= 0-6000 rpm.

Ilustración 88.- Rectificadora manual.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

- Torno manual: ésta máquina es muy poco usada en la empresa, pero se utiliza para piezas con forma cilíndrica o en caso de que se fabrica un punzón o algo parecida, es por eso que se realiza el manual; ya que se pretende aprovechar al máximo todos los recursos que se tienen.
  - ✓ Longitud de la cama entre centros= 1250 mm.
  - ✓ Altura de los centros= 195 mm.
  - ✓ Volteo sobre la cama= 400 mm.
  - ✓ Diámetro sobre el carro= 246 mm.
  - ✓ Oscilación en brecha de= 585 mm.
  - ✓ Ancho delante de la placa frontal= 16 mm.
  - ✓ Velocidades de husillo= (16) 0-2500 rpm.
  - ✓ Nariz del husillo de montaje (Camlock) D1-6.
  - ✓ Diámetro interior del husillo= 54 mm.
  - ✓ 7,5 kW del motor del husillo.
  - ✓ Ancho sobre Bedways= 318 mm.
  - ✓ Viaje del carro transversal0 250 mm.
  - ✓ Viaje del carro superior= 130 mm.
  - ✓ Viaje del barril de cabezal móvil= 140 mm.

Ilustración 89.- Torno manual.

- Cortadora de metales: ésta máquina se usa para cortar barras o láminas de materiales para la fabricación de piezas.

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

Ilustración 90.- Cortadora de metal.

- Grúa manual: ésta es una máquina muy empleada para levantar troqueles o moldes de gran peso; actualmente se tienen dos, cuya capacidad son de 4 ton. Y de 30 ton. A su vez cada una se desplaza a lo largo de la planta, facilitando el transporte de algunas piezas o del herramental completo.

Ilustración 91.- Planta SCM.

- Montacargas: SCM también cuenta con un montacargas que es comúnmente empleado para transportar en la planta piezas, bloques de material, etc. cuya capacidad de carga es de 3,000 a 3,500 Kg, cumple también con las siguientes especificaciones.

Tabla 6.- Especificaciones montacargas Heli.

Altura total de elevación (con back rest) h4	4227mm/ 4222mm
Máx. Elevación de la carga h3	3000mm

Elevación libre h2	160mm /170mm
Atura del mastil (vertical)h1	2070mm/ 2180mm
Altura total del montacargas (con protector overhead)	2090mm
Largo total (con tenazas) L1	3772mm/3783mm
Largo total (sin tenazas)L2	2702mm/2713mm

Ilustración 92.- Montacargas Heli.

- Carro de herramientas: cada operador cuenta con uno de éstos, que a su vez vienen equipados con herramientas de uso común. (Ver ANEXO A: Tablas de materiales.).

Ilustración 93.- Carro con herramientas manuales.

- Prensa hidráulica: sirve para dar los primeros golpes de los troqueles fabricados en SCM y para revisar si el equipo construido cumple con los ajustes requisitados, ésta máquina cuenta con una capacidad de 2,300 toneladas.
- Máquina de medición (metrología): ésta máquina sirve para verificar que las medidas más importantes de las piezas (como barrenos, altura, ancho, etc.) estén de acuerdo con las especificaciones de diseño. Además, es una prueba que las piezas cumplen con las especificaciones de calidad.

- Cepilladora: éste dispositivo sirve para verificar el barrenado, sirve para realizar ciertos ajustes para cumplir con las tolerancias requeridas.
- Soldadora láser: en algunos casos ya sea en el maquinado o en la parte de ajuste, las piezas no cumplen con algunas medidas especificadas y para ello es conveniente soldar esas partes, de manera que a través de un proceso de soldadura se agregue material y luego dejar el aspecto estético para disimular la soldadura. Ésta máquina en cuanto a soldadura, es muy precisa.

3.2 CAPACITACIÓN.

Durante la estadía en SCM se obtuvo capacitación acerca del proceso de fabricación de troqueles, desde el diseño hasta la manufactura; para ello se tuvo que hacer revisión de bibliografía para ahondar el conocimiento y posteriormente revisar el procedimiento que se usaba comúnmente.

De ésta manera se puede identificar los errores que pueden cometerse y así poder llevar una mejor solución para el manual que se realiza.

Asimismo, se tuvo capacitación para el manejo del programa ZW3D para revisar la forma que se compone el troquel y para hacer simulación en 3D (modelado), también para la forma en que se realizan los planos de detalle (2D). Se empezó con pequeños cursos desde la forma en que tiene las secciones divididas el programa hasta el modelado.

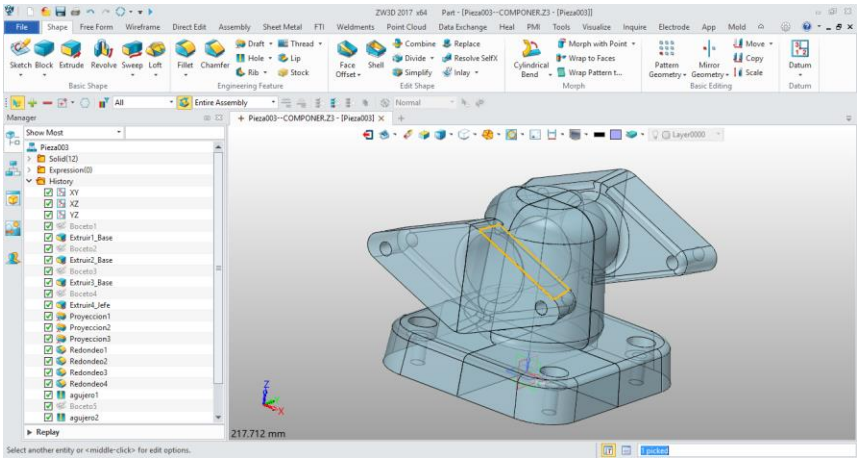


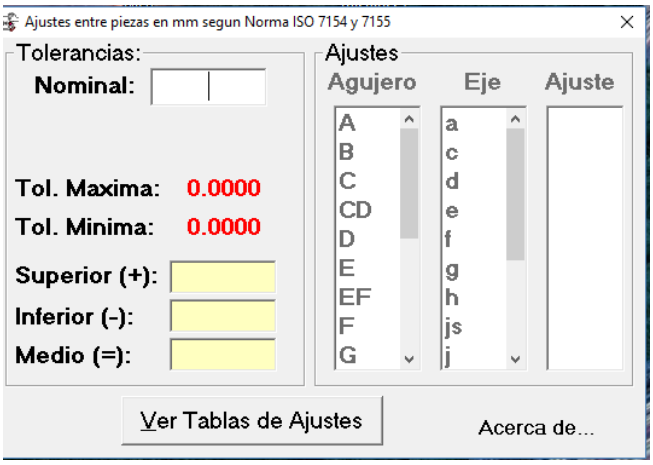
Ilustración 94.- Manejo de ZW3D.

También se tuvo capacitación en el programa Tebis (para mecanizado), se empezó considerando los factores para manufactura de piezas, de acuerdo a la función que éstas desempeñen como se había mencionado en el capítulo 2.

Ilustración 95.- Manejo de Tebis.

Para tener un mejor desempeño y reducción de tiempos, fue necesario acudir al estudio de normas (DIN) empleadas en SCM, así como aprender a usar las tolerancias de acuerdo a la función que cada pieza tiene en el troquel, para ello fue necesario conocer el GD&T; así también se requirió el uso de un programa de ajustes según la Norma ISO 7154 y 7155.

Tabla 7.-Programa para identificar ajustes.



3.3 MANUAL PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO.

En éste caso se tomará el tema de troqueles progresivos para realizar un manual de acuerdo al análisis de un proceso de fabricación que ayude a reducir costos para su elaboración, cabe mencionar que para ello es necesario estimar los pasos necesarios para llevar a cabo dicho manual.

Como puntos importantes al realizar un manual se tiene:

1. **Identificación de la necesidad.** En ésta etapa se define lo que se quiere hacer y para qué va a servir; comúnmente ésta parte es decisión del cliente.
2. **Creación del método plan.** Ésta es la parte en la que se determinan las características de la pieza (para qué servirá), de la producción (cantidad de piezas que se elaborarán) y de la prensa (para determinar la fuerza que será aplicada a la matriz ya sea para dar forma o corte).
3. **Anteproyecto**, en éste apartado del manual se habrá de determinar el tipo de matriz que se construirá, la cantidad a consumir de materia prima, el sistema de expulsión a emplear y las dimensiones generales. Esto más que nada es para asegurar que el cliente apruebe la construcción del troquel en la empresa.
4. Posteriormente se habrá de requerir la **aprobación** del cliente, así como de la persona encargada del estampado.
5. **Proyecto**, en ésta parte se habrá definir lo siguiente (considerando que el cliente ha aprobado el punto anterior) la matriz completa, mecanismos adicionales (características que pudieran agregarse al troquel), postizos (accesorios/normalizados), listas de materiales de acuerdo a las piezas y las normas que los clientes emplean.
6. Posteriormente se procede a la **aprobación**, es decir, dentro de la empresa llevar a cabo ingeniería concurrente, para verificar que todo el proyecto anteriormente mencionado sea verificado por las distintas áreas de la empresa como área de calidad, el departamento de ingeniería (CAD/CAM), área de taller y el cliente.
7. Se procede a **construir** la matriz (troquel) con los puntos que han sido aprobados en el paso anterior.

A continuación, se desarrollarán cada uno de los puntos anteriormente descritos para el proceso de fabricación de un troquel progresivo.

3.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.

El objeto de éste manual es la fabricación de una matriz progresiva para que dé como resultado una pieza del sector de automoción, para una producción anual estimada en 900,000 unidades.

El primer paso en la fabricación de cualquier troquel es hacer un estudio cuidadoso de la pieza a producir, ya que ésta proveerá la información necesaria para diseñar los componentes del troquel y los procesos de manufactura que se utilizarán.
La pieza resultante de dicho proceso forma parte del sistema de suspensión de vehículos automotrices.
Se justifica la fabricación de una matriz progresiva para elaborar la pieza debido a la gran demanda existente. La matriz resultante deberá garantizar la homogeneidad de las piezas en la producción, siempre dentro de las tolerancias dimensionales establecidas y ser capaz de reducir al mínimo el número de piezas defectuosas (con rebabas o mal dimensionado). Tendrá que ser económica y energéticamente rentable, para ello deberá alcanzar su amortización de forma rápida y tener un gran rendimiento.

Deberá estar dotada de un funcionamiento automatizado y de fácil mantenimiento y montaje. Sus componentes serán de gran resistencia mecánica y estar normalizados en la medida de lo posible.

Por consecuencia, éste manual se realiza con la finalidad de terminar la matriz progresiva con el tiempo considerado para cumplir con la demanda que el cliente requiere.

3.3.2 CREACIÓN DEL MÉTODO PLAN.

Éste apartado trata principalmente de crear una metodología acorde a las necesidades del cliente, con la finalidad de poder desarrollar el anteproyecto para poder mostrárselo al mismo cliente para convencer que el herramental se realice en SCM.

A continuación, se muestran los puntos necesarios para poder desarrollar el método plan:

- Tipo de matriz, en éste caso el cliente necesita una pieza dicha función se ve implementada para el sistema de suspensión de vehículos lo cual requiere de una serie de operaciones hasta que deje la pieza terminada. En ésta situación se ha

determinado que la matriz sea de tipo progresiva; debe decidirse el tipo de operación a realizar (doblado, punzonado, embutido, etc.), aparte de eso se debe considerar:

- La capacidad de producción de la prensa empleada, generalmente operan a 600 golpes por minuto y producen 25,000 piezas por hora.
- El tipo de materiales que se emplearán de acuerdo a las piezas, según el funcionamiento de cada una de ellas el material más empleado según las normas AISI son D2, A36; como se describió en el capítulo anterior.

  Se tomarán en cuenta todas las características de los materiales de acuerdo a la información recabada. En la siguiente Tabla 8 se muestran las piezas que conforman al troquel de acuerdo al tipo de material.

Tabla 8.- Elementos del troquel con las características a realizar.

ELEMENTO	MATERIAL	TRATAMIENTO
Base superior.	Fundición. Hierro. Acero.	No.
Base inferior.	Fundición. Hierro. Acero.	No.
Matrices	F-112. F-114. F-522.	(Ver Anexo B).
Sufridera sup./inf.	F-114. F-522. F-524.	Bonificado. Temp. Y rev. HRc 56-58 Temp. Y rev. HRc 56-58
Reglas de guiado de chapa.	F-114. F-522.	Nitrurado temp. Y rev. HRc. 48-50. Temp. Y rev. HRc 54-56
Pisador o prensa chapas.	F-114. F-522. F-112.	No. No. No.
Placa porta punzones.	F-114. F-522. F-112. F-111.	No. No. No. No.
Centradores.	F-112. F-114. F-522.	No. HRc. 50-54. HRc. 52-54.

Punzones.	Materiales tenaces. Con resistencia al desgaste.	 (Ver Anexo B).
Sistemas de guiado.	Acero F-155. Bronce. Bronce con grafito. Aluminio.	Cementado, temp. Y rev. HRc. 60-62. No. No. No.

- Los tratamientos térmicos, van dependiendo de la funcionalidad de cada pieza, en ésta ocasión se le aplicará tratamiento térmico a cada pieza según le corresponda como se vio en el Capítulo 2. (Ver ANEXO E: Elementos del troquel progresivo y sus características de construcción.).

- Número de matrices (troqueles) necesarias, en éste caso se requiere sólo de una, cuya característica será ser progresiva.

  Ya que la pieza es un poco compleja y requiere de operaciones constantes para la terminación de la misma, que como bien se sabe éste tipo de matrices ahorran suficiente tiempo en cuestión de elaboración. Además, hay más probabilidad de ahorrar material (chapa metálica).

  En la Ilustración 96 se muestra las distintas modificaciones que sufrirá la chapa de metal y es por eso que es más conveniente que se use una matriz progresiva, se ha hecho la comparación de los tipos de matrices con anterioridad y es por eso que se ha llegado a la conclusión de usar éste tipo de matriz, que como bien se sabe puede llegar a ahorrar lo que es el tiempo y el costo de producción.

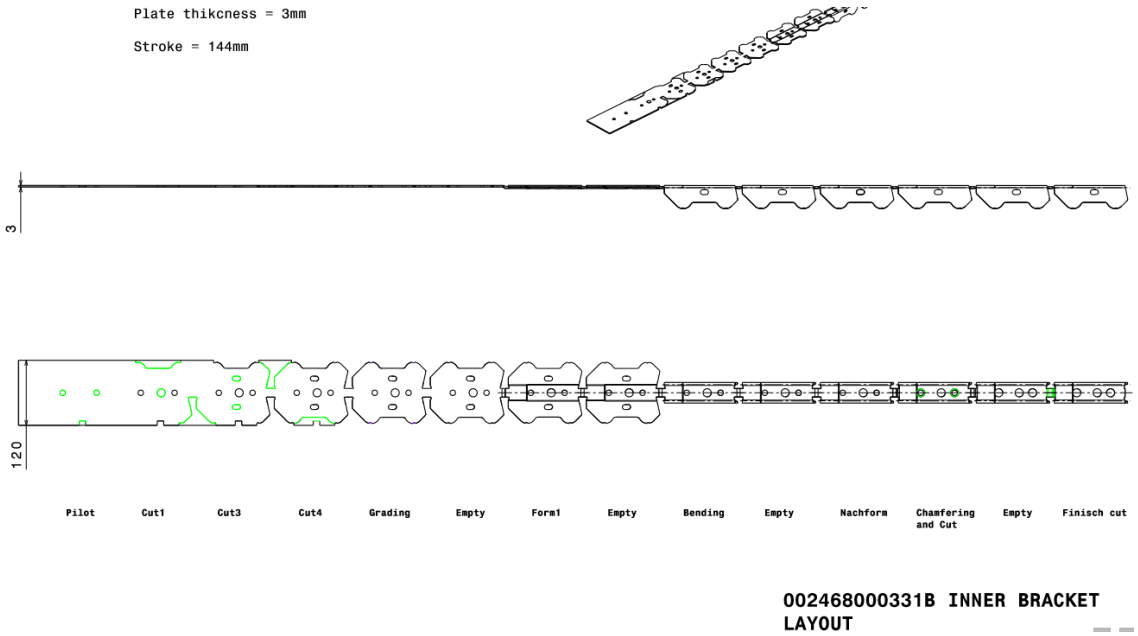


Ilustración 96.- Layout de la chapa metálica.

- Como uno de los puntos importantes se necesita saber el tamaño de la matriz (troquel) en éste caso el cliente ha dado el diseño del troquel, por lo cual se estima que éste mida 2 mts. de largo X 1 m de alto.
- Consumo de materia prima se muestra en la siguiente lista:

  Nota. Como se puede ver (ANEXO E: Elementos del troquel progresivo y sus características de construcción.) indica las medidas de cada pieza de acuerdo a la nomenclatura que se le da en SCM.

  Los números (+2) en el caso de la columna HRc (tratamientos) indican la tolerancia que se le da a las piezas. Así mismo, se da la posición de cada una de ellas en el troquel. En la columna de medidas se pueden ver números como 2482.74.00090.035.2 son para piezas normalizadas.

  En el Anexo E, se muestran cada una de las posiciones de los elementos del troquel, así como el tipo de material requerido para la fabricación de éste.

En la Tabla 9 se muestran los costos de materia prima, de acuerdo a las piezas solicitadas para la fabricación del troquel progresivo.

Tabla 9.- Materia prima y sus costos.

DESCRIPCIÓN	COSTO

Acero	$ 16,697.25 USD
Acero y aluminio	$ 4,563.35 USD
Herramientas de corte	$ 5995.77 USD
Pernos Dowell y tornillos	$ 697.31 USD

- El siguiente paso es determinar el sentido de las rebabas en la pieza (Ilustración 97). Para ello es importante saber que la formación de rebabas en la cara externa del doblado favorece la aparición de roturas, ésto queda demostrado mediante las dos piezas dobladas en U que se ven en la siguiente Ilustración.

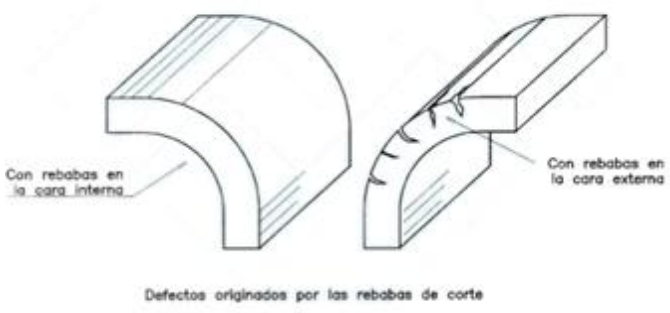


Ilustración 97.- Sentido de las rebabas en la pieza.

El peligro del a aparición de roturas puede disminuirse un poco matando, o todavía mejor redondeando el canto antes de realizar el curvado, debiendo pulirse, o por lo menos limpiar bien, la superficie en aquella zona.

El juego o tolerancia de corte siempre está relacionado con el espesor y resistencia de la chapa, es decir, las tolerancias de corte siempre serán mayor para cortar chapa de 3mm de espesor que para otra de 1mm (cuando ambas sean de las mismas características), de la misma forma, la tolerancia de corte será mayor para cortar chapa de acero duro que para cortar chapa de Aluminio. (ASCAMM).

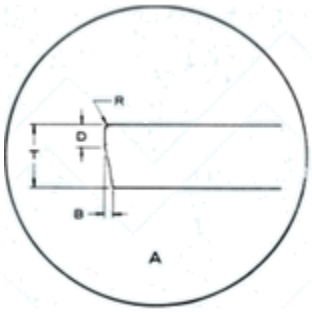


Ilustración 98.- Vista ampliada del corte con tolerancia apropiada.

El extremo superior tiene un pequeño radio R que depende del espesor, la dureza del material y el afilado del útil. La franja lisa D es recta y pulida, su altura aproximada es de 1/3 del espesor T, cuando la matriz tiene la holgura correcta y está afilada.

Las 2/3 partes restantes de la sección T se llama parte arrancada y forma un pequeño ángulo B.

- Tipo de prensa necesaria, para saber éste dato debe recurrirse a la siguiente ecuación:

$$Q = P * S * \sigma T$$

Ecuación 3.- Fuerza necesaria para punzonado.

Donde:

Q= fuerza de corte (N).

S= espesor de la lámina (mm).

P= perímetro de la figura (mm).

σT= esfuerzo de material de rotura del material por corte (N/mm^2).

Aplicando los datos que se tienen de la pieza a terminar:

S= 3 mm. (Ver Anexo D).

Considerando que la chapa metálica es de acero al 0.6 % de carbono recocido (ver Anexo C):

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

σT= 686 N/mm^2.

P= π*D= (π) (15 mm) = 47.1238 mm.

Retomando la

Ecuación 3, se sustituyen los datos recabados de la chapa metálica con la que se trabaja:

Q= (47.1238 mm) (3 mm) (686 N/mm^2)= 96,980.7804 N.

Para normalizar el resultado:

Q' =Q*1.2= (96,980.7804 N) (1.2)= 116,376.9364 N $\left(\frac{1\,TON}{9807\,N}\right)$= 11.8667 Ton

Como resultado se tiene que la prensa a manejar para la producción de ésta pieza debe manejar al menos como capacidad 15 Toneladas.

3.3.3 ANTEPROYECTO.

En ésta parte del manual se pondrán en aplicación los puntos que se analizaron para el método plan, de manera que la empresa decida que se fabrique el herramental en SCM, para llevar a cabo esto, se necesita lo siguiente:

- Aplicación de los datos aprobados en el estudio y del método plan.
- Cálculos técnicos, para ello se necesita saber de las siguientes ecuaciones (esto se ve implícito en el diseño, en éste caso sólo se mostrarán las ecuaciones debido a que el cliente proporcionó el modelo 3D).

- **Espesor del pisador:**

$$e = 0.4h$$ *Ecuación 4.- espesor del pisador.*

Donde:

e= espesor de la placa.

h= altura de punzones.

- **Portapunzones:**

$$e = 0.33\,L$$ *Ecuación 5.- espesor para portapunzones.*

Donde:

e= espesor de la placa.

L= longitud del punzón.

- **Esfuerzo para el corte de chapa:**

$$F = P.e.Rst.$$ *Ecuación 6.- Fuerza de corte.*

Donde:

F= esfuerzo para el corte de chapa.

P= perímetro de corte en mm.

e= espesor de la chapa en mm.

Rst.= resistencia del material a la cortadura en $^{Kgf}/_{mm^2}$. (Ver ANEXO B: Tabla de resistencia a la rotura y al corte de los materiales laminados.).

- **Fuerza de extracción:**

$$F_{ex} = 0.10\ (Fc)$$ *Ecuación 7.- Fuerza de extracción.*

Donde:

F_{ex}= Fuerza de extracción.

Fc= Fuerza de corte.

- **Doblado en forma de "V":**

$$P = \frac{s_2 * b * K_d}{3 * I}$$ *Ecuación 8.- Calculo para doblado V.*

Siendo:

P= fuerza necesaria para el doblado.

b= ancho del material a doblar.

I= distancia entre apoyos.

K_t = coeficiente de rotura a la tracción $^{Kg}/_{mm^2}$.

K_d =solicitud a la flexión en $^{Kg}/_{mm^2}$. ($K_d = 2K_t$).

- **Doblado en forma de "L":**

$$P = \frac{s*b*K_d}{6}$$ *Ecuación 9.- Cálculo para el doblado en "L".*

Sabiendo que:

P= fuerza necesaria para e doblado.

b= ancho del material a doblar.

I= distancia entre apoyos.

s= espesor de la chapa.

K_t = coeficiente de rotura a la tracción en $^{Kg}/_{mm^2}$.

K_d =solicitud a la flexión en $^{Kg}/_{mm^2}$. ($K_d = 2K_t$).

- **Doblado en forma de "U":**

$$P = \frac{s*b*K_d}{6} * 2$$ *Ecuación 10.- Cálculo para el doblado en "U".*

Sabiendo que:

P= fuerza necesaria para e doblado.

b= ancho del material a doblar.

I= distancia entre apoyos.

s= espesor de la chapa.

K_t = coeficiente de rotura a la tracción en $^{Kg}/_{mm^2}$.

K_d =solicitud a la flexión en $^{Kg}/_{mm^2}$. ($K_d = 2K_t$).

- **Presión de la prensa chapa:**

$$P_p = 0.785\ (D - d) * p$$ *Ecuación 11.- Presión del prensa chapas.*

D= diámetro inicial del disco de la chapa.

D= diámetro final de la pieza embutida.

p= presión específica.

En la siguiente Tabla 10 se puede observar las presiones más comunes que se usan de acuerdo al tipo de material.

Tabla 10.- Presiones específicas para prensa chapa.

Presiones específicas	
Chapa de Aluminio	Entre 8-10 $^{Kg}/_{Cm^2}$.
Chapa de Hierro	Aproximadamente 15 $^{Kg}/_{Cm^2}$.
Chapa de Acero dulce	Aproximadamente 20 $^{Kg}/_{Cm^2}$.

En el anteproyecto se revisa que todos los datos proporcionados por el cliente estén bien y se le muestra cómo se fabricaría su herramental.

Se verifica más que nada el modelo 3D, y se revisan las tolerancias, en caso de que el modelo que el cliente proporcione tenga un error, se le hace notar cuáles serían los cambios de ingeniería que se requiere y se espera la aprobación de éste.

3.3.4 DISEÑO O MODELO 3D.

En ésta parte se aplican los cambios de ingeniería al herramental, siempre y cuando el cliente lo haya aprobado.

Estos pueden variar según el tipo de pieza, debido a su tolerancia, dimensionado, ajuste, etc. Aplicando las normas que se requieran y empleando algunas de las ecuaciones anteriormente mencionadas.

Además, se realizan los planos de detalle para la fabricación del herramental, ya sea que algunas de las piezas sean mandadas a fabricar con proveedores, debido a la capacidad de manufactura que tienen algunas de las máquinas en SCM. A continuación, se muestran algunos planos de detalle de algunas piezas:

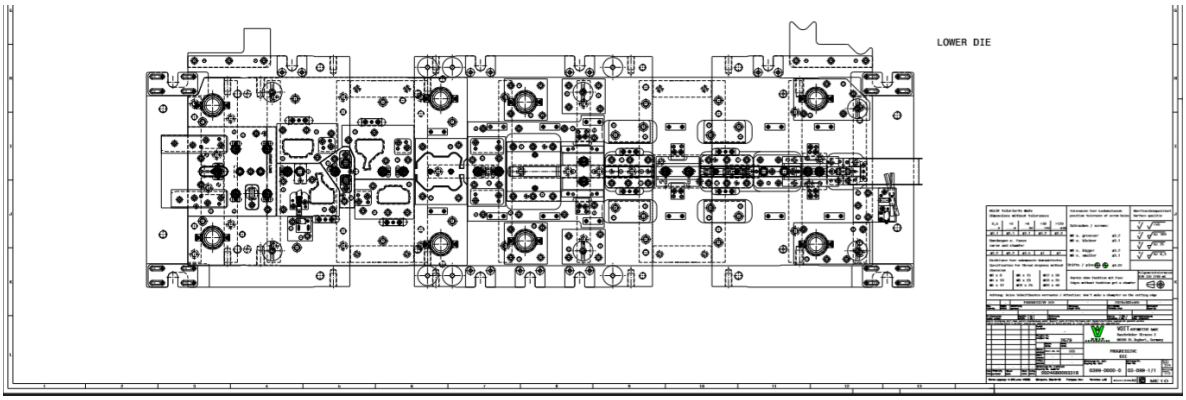


Ilustración 99.- Base inferior (ensamble).

En la Ilustración 99 se observa el ensamble en 2D de la placa inferior junto con sus elementos que la integran; además, en cada uno de los planos de detalle se le agregan las siguientes características según las normas que son manejadas por el cliente o por la misma empresa.

Tabla 11.- Tolerancias en plano de detalle.

Rango de éste	Tolerancia
$> \mathbf{0} \leq$	± 0.01
$> \mathbf{10} \leq \mathbf{100}$	± 0.015
$> \mathbf{100} \leq \mathbf{300}$	± 0.025
$> \mathbf{300} \leq \mathbf{500}$	± 0.05
$> \mathbf{500}$	± 0.1

La Tabla 11 da los datos de las tolerancias que se describen del plano de detalle que se elabora en SCM, ya que esto permite señalar las tolerancias que requiere determinada pieza y que el operador verifique si la pieza ya maquinada cumple con los estándares requeridos.

En la Ilustración 100 se ve el tipo de orientación que se maneja en los planos de detalle, ya que se usa el sistema europeo; esto permite tener al operador una fácil manipulación de las piezas; así como los tipos de acabados, tipos de machuelos, etc.

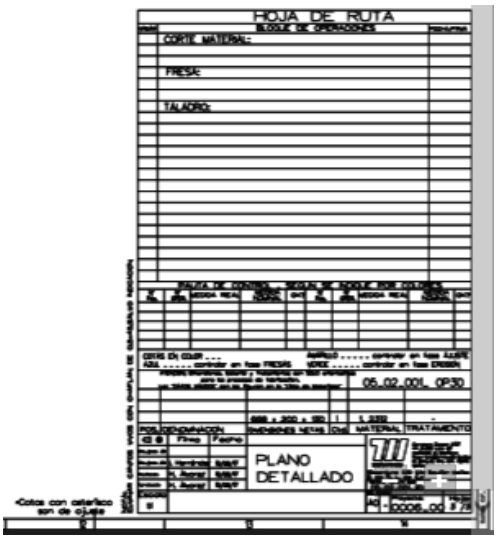


Ilustración 100.- Descripción y notas para piezas en plano 2D.

En la siguiente Ilustración 101, se muestra la forma de describir un plano de detalle de una forma en la que la persona que se dedique a realizarlos se le haga más sencillo y poder tener una plantilla para el correcto llenado del cuadro de descripciones.

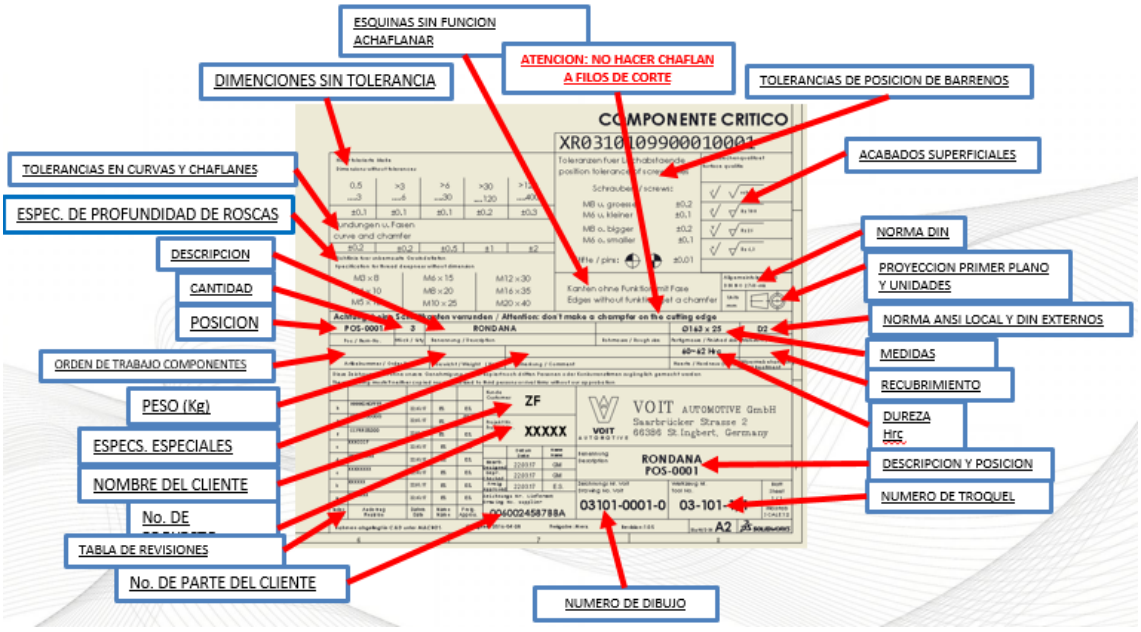


Ilustración 101.- Correcto llenado de descripciones para 2D.

A continuación, se muestran algunos planos del troquel progresivo del que se está hablando, sólo se muestran algunos ya que la empresa maneja cierta confidencialidad por reglas del cliente.

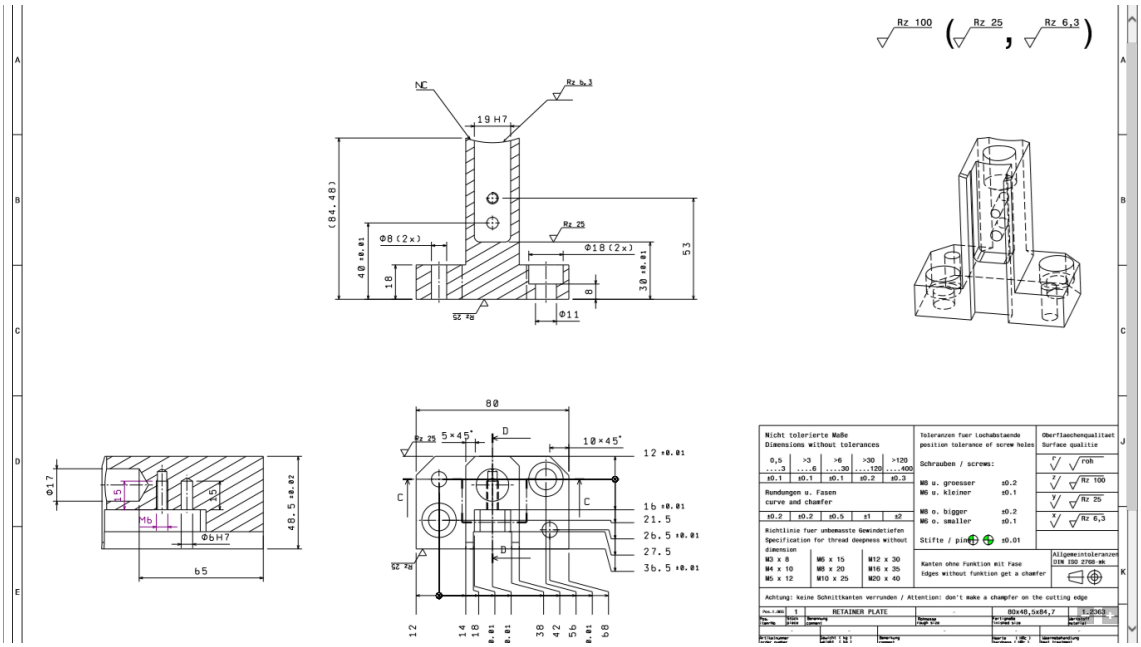


Ilustración 102.- Porta punzones.

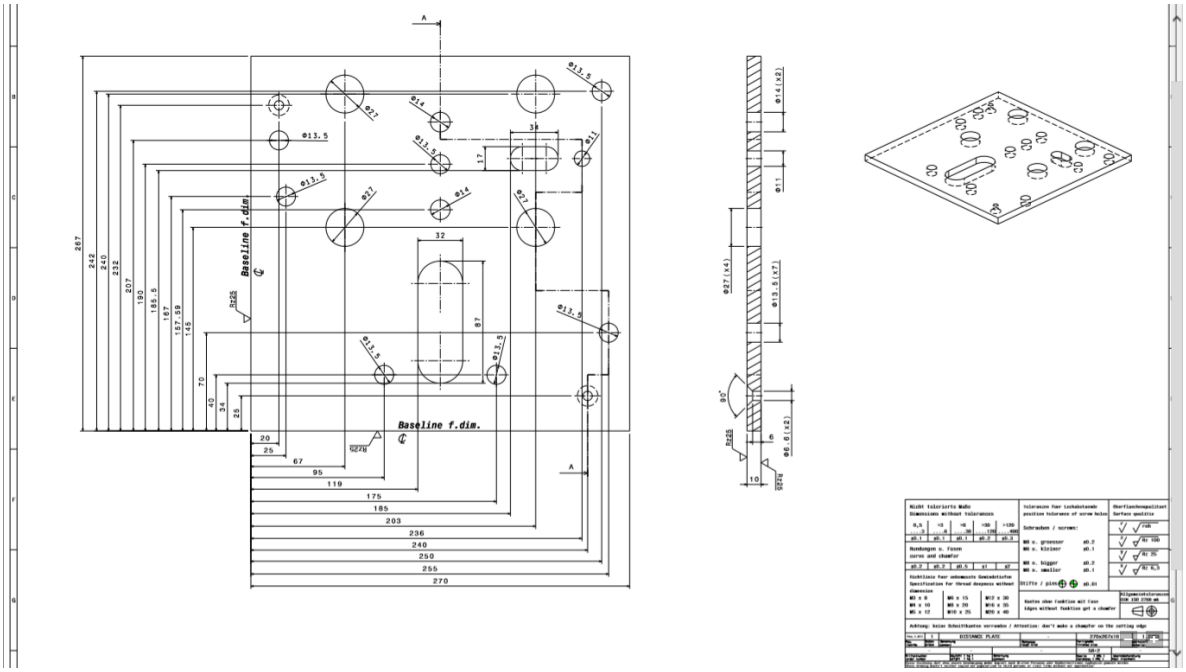


Ilustración 103.- Placa matriz.

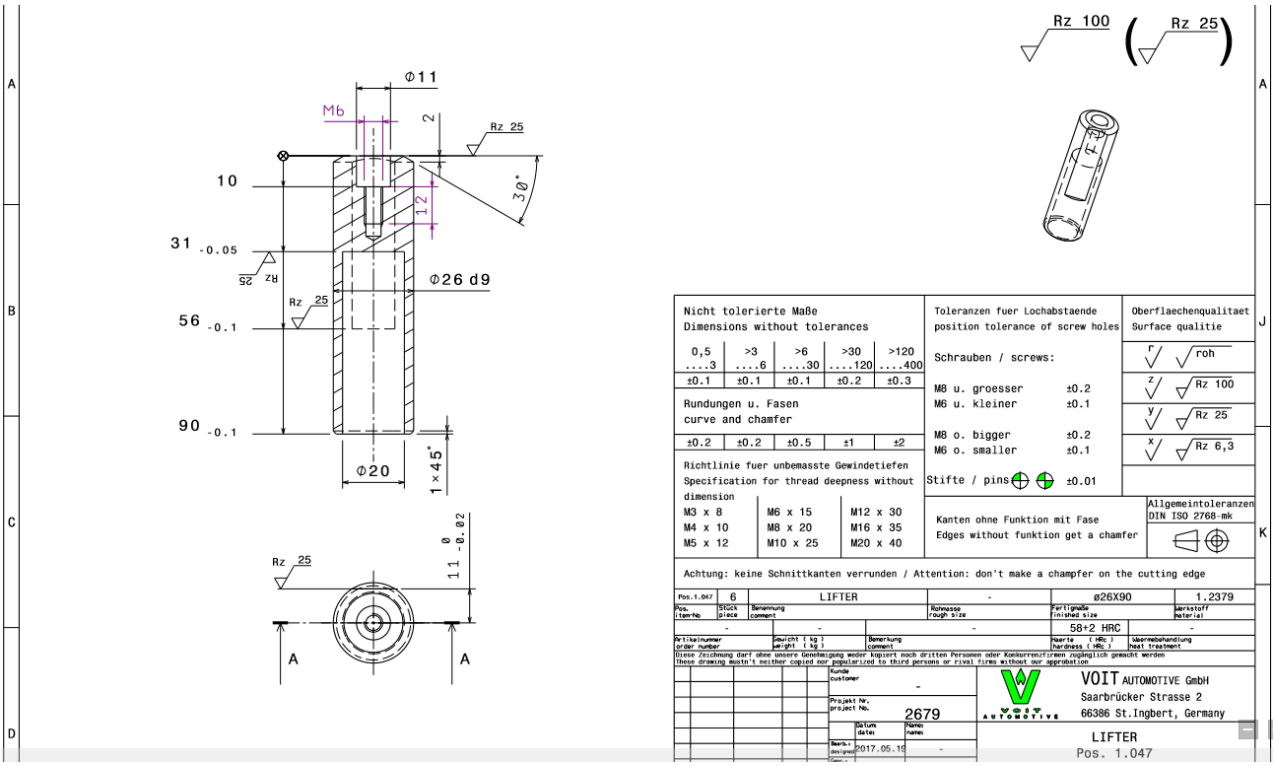


Ilustración 104.- Lifter o expulsor.

3.3.5 FABRICACIÓN.

En ésta parte del manual se clasificarán las piezas que requieren de tratamientos según su función, los tipos de mecanizados, si algunas requieren erosión por hilo o por electrodos. Para ello se manejan unas tablas donde se planifica y organiza de una mejor manera para saber en qué estatus se encuentra el herramental.

		Troquel progresivo								0003-00															
		Nuevo			X					INICIO					FIN										
Nº	POSICIÓN	DESCRIPCION	MEDIDAS	PED	REC	CAM	CAD	FCN	TOR	TAL	TMP	NIT	HSM	COB	EDM	HIL	AJU	PUL	SUP	Dim. Netas	Cantidad	Material	N.Parte		
	1.001	LOWER PLATE	1600x700x40																		1	1.0570			
	1.002	LOWER MOUNTING PLATE	1600x570x60																		1	1.0570			
	1.003	SCRAP TRIM STEEL	90x61x85																		1	1.2379			
	1.004	RETAINER PLATE	80x44x86																		1	1.2363			
	1.006	MIDDLE PLATE	75x70x30																		1	1.0570			
	1.007	RETAINER FOR LOCK	55x52x43																		1	1.2363			
	1.008	RETAINER FOR SENSOR	45x43x5																		1	1.0570			
	1.009	LOCK	81x15x45																		1	1.2363			
	1.010	RETAINER PLATE	344x274x25																		1	1.2363			
	1.011	DISTANCE PLATE	344x274x10																		1	1.2363			
	1.012	INSERT FORMING	140x100x80																		1	1.2369			
	1.013	DISTANCE PLATE	138x98x5																		1	1.2363			
	1.014	MATRIX	63x48x25																		1	1.2379			
	1.015	MATRIX	63x47x25																		1	1.2379			
	1.016	MATRIX	190x170x35																		1	1.2379			
	1.017	MATRIX	75x40x25																		1	1.2379			
	1.018	MATRIX	166x165x35																		1	1.2379			
	1.020	INSERT FORMING	150x100x80																		1	1.2379			
	1.022	MIDDLE PLATE	210x210x35																		1	1.0570			
	1.023	DISTANCE PLATE	148x100x5																		1	1.2363			
	1.024	INTRODUCTORY BLOCK	140x57x48																		1	1.2363			
	1.025	INTRODUCTORY BLOCK	160x55x48																		1	1.2363			
	1.026	INTRODUCTORY BLOCK	50x50x48																		1	1.2363			
	1.027	INTRODUCTORY BLOCK	50x50x48																		1	1.2363			
	1.028	INTRODUCTORY BLOCK	50x26x76																		1	1.2363			
	1.029	INTRODUCTORY BLOCK	200x48x48																		1	1.2363			
	1.030	INTRODUCTORY BLOCK	200x48x48																		1	1.2363			
	1.033	SLIDING PLATE SECURITY	75x75x130																		1	1.2363			
	1.034	SLIDING PLATE SECURITY	75x75x130																		1	1.2363			
	1.037	DISTANCE BLOCK	60x20x80																		8	1.2363			
	1.038	PLATE_FORK	176x50x20																		1	1.0570			
	1.039	PLATE_FORK	176x50x20																		1	1.0570			
	1.040	PLATE	220x45x10																		1	1.0570			

Ilustración 105.- Planeación troquel progresivo.

En la Ilustración 105 se muestra la planeación que se le da a cada troquel en SCM, ésta es una mejor manera de tener un control sobre los elementos que conforman a un troquel. Además, facilita la forma de trabajar y así evitar que se generen retrabajos o revisar que los trabajadores desempeñen su función y así determinar el tiempo que les lleva dejar terminada una pieza.

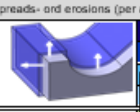
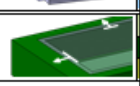
Algunas de las piezas requieren tratamientos térmicos, pero en SCM no se cuenta con máquinas aptas para desempeñar dicho trabajo, es por ello que no se agrega información acerca de cómo se realiza éste trabajo en dichas piezas.

En la Tabla 12 se presenta un código de colores que indican el tipo de maquinado, tratamiento o erosión que requieren dichas piezas; esto se verifica de acuerdo al modelo 3D.

Tabla 12.- Código de colores para piezas en modelo 3D.

1. Presentation of the processing types

Index 25 2015.08.05

Processing type	remark	CATIA V5 RGB-grades		Tebis
Rz1.8, 2.4, 15.6 manufacturing instructions contour or rather edge curve ±0,02	Either contour or edge curve colouring	Oliv green	175,255,175	42
[Rz 2.4] matrix +0,01 core ±0 wire cutting L=100/ t=50/ hour2h L=100/ t=100/ hour 5h L=100/ t=200/ Zeit 7h	maximum part size 800x570x340, max. 1000kg, min R 0,3 wire 0,25 max. travel 600x380x350	lilac	153,098,153	52
[Rz 2.4] superfinishing ±0,01	Dimensional accuracy shaping o. grinding	ivory	255,255,175	44
[Rz 2.4] ▼▼▼ smoothing ± 0,05	Clean surface but bigger tolerance	pink	255,175,175	33
[Rz 15.6] ▼▼ pre smoothing ± 0,1	Roughing with smaller tolerance	Light green	036,253,036	46
[Rz 37.8] ▼ roughing ± 0,5	Rough machining, control shaping for cast parts	Red brown	095,000,000	45
[Rz 2.4] precision bore H11 / e8	z.B. Ø16 -0 +0.11 dimensional accuracy clearance bore	blue	095,095,175	35
[Rz 2.4] precision bore H8 / f7	z.B. Ø16 -0 +0.03 precision bore with big tolerance	lilac	095,000,095	36
[Rz 2.4] precision bore H7 / g6	z.B. Ø16 -0 +0.02 also special milling process	blue	000,000,255	37
[Rz 2.4] press fit H6 / s6	z.B. Ø10 hole -0/+0.009 core +0.023/+0.032	Dark blue	000,000,095	38
thread	metric right-hand thread DIN / ISO	yellow	255,255,000	39
Fine thread	Metric fine thread (right) DIN / ISO	Light orange	255,175,000	32
Inch thread / special thread	Thread type/size s. Ø core hole CKSWN 108	orange	255,095,000	34
[Rz 15.6] special- stepped bore	Complex drills, combination of drills	Magenta 1	255,000,255	40
[Rz 15.6] free drill / Simple drill Ø ±0,2	Through hole usw. further reductions	Cyan	000,175,175	41
Change area	sphere or Solid with transparence 192	Light blue	000,127,255	19
[Rz 15.6] ZSB- drills	Work in assembly	white	255,255,255	31
[Rz 2.4] divide ±0,01	Sealing area (ca. 20mm bei SGF)	Sea green	126,162,151	43
purchased parts without work	Purchased parts, surface, components without work	Mouse grey	128,128,128	57
[Rz 15.6] labeling ± 0,1	z.B. tool number., Pos-Nr. usw.	Magenta 2	255,020,130	56
The required spreads- ord erosions (per area) must be determined in common with the project team! The interchangeability oft he applications must be ensured.				
material spread (per area) 	Grinding tolerance 0,3 mm ±0,05	Dark blue 2	014,000,111	55
	für ZSB work 0,15 mm ±0,05	blue 2	000,050,180	70
	0,1 mm ±0,02	Azure blue	078,180,241	49
	0,05 mm ±0,01	Skye blue	155,211,255	12
Material erosion (per are) 	0,03 mm ±0,01	Light sea green	174,209,155	48
	0,06 mm ±0,01	Dark green	000,068,000	47
	0,1 mm ±0,02	Yellow green	159,168,044	17

Nicht für Passungen verwenden. [Rz 2.4]

application base area + fit milled to zero => colour 44

application milling groove => colour 44 sideward air as required (look right)

Tabla 13.- Rugosidades y acabados para superficies.

CKSWN – surfaces Nr. and roughness depths:

surface [µm]	Ø16 / Step	Ø12 / Step	Ø10 / Step	Ø6 / Step	Ø3 / Step
Rz=1.8 high gloss surfaces	0,34 mm	0,3 mm	0,27 mm	0,14 mm	0,08 mm
Rz=2.4 fine finishing	0,4 mm	0,34 mm	0,31 mm	0,18 mm	0,09 mm
Rz=15.6 pre finishing	1,0 mm	0,75 mm	0,6 mm	0,35 mm	0,18 mm
Rz=37.8 rough/open spaces	Ø35/R6 2mm	Ø25/R5 1,2mm			

Index 3 2012.10.12

CKSWN 10 1000 Dateinamenskonvention Farbtabelle.doc © Schutzvermerk nach DIN 34 beachten. / Copyright by Siebenwurst / DIN 34 Seite 1 von 2

En la Tabla 13 se muestra un estándar de las superficies terminadas, al final se verifica que la pieza cumpla con dicha característica.

A continuación, se muestran algunos de los mecanizados en el programa Tebis de las piezas que son maquinadas en SCM.

El formato para guardar las piezas es como se muestra en la Ilustración 106, se nombra a la carpeta de acuerdo al número de pieza y la función que ésta desarrolle.

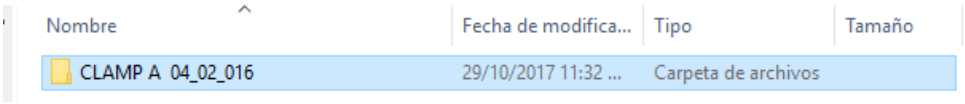


Ilustración 106.- Formato para guardar cada pieza.

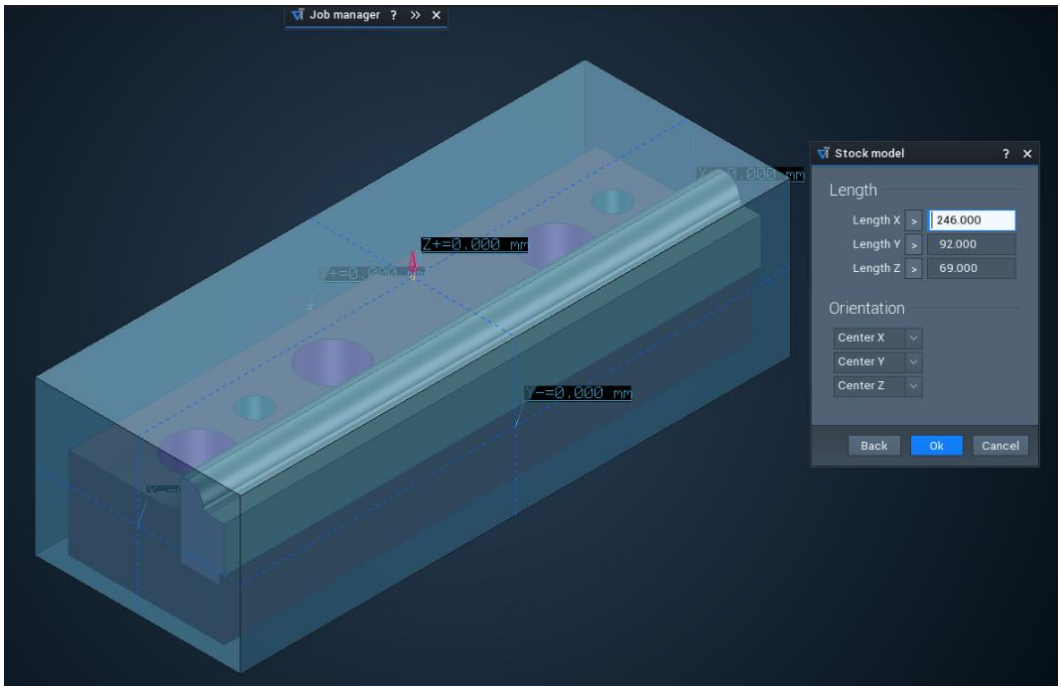


Ilustración 107.- Pieza para cortar chapa.

En la Ilustración 107 se especifica el origen o punto 0 para que el operador del CNC ubique la pieza en la máquina y así pueda correr el programa. También se le añaden las medidas finales que ésta debe tener.

```
0 BEGIN PGM STEP 1 MM
1 ; HEIDENHAIN ITNC 530 UNIVERSAL PP (2017/03/15)
2 ; SYSTEM TIME: 28.07.2017 - 16:58
3 ; REF-POS: X+0 Y+0 Z+118 ROT+0
4 * - ACTIVATE PRESET (1)
5 STOP ;CHECK ORIGIN!!!
6 CYCL DEF 247 DATUM SETTING ~
 Q339=1 ;DATUM NUMBER
7 ; ***** TOOL CHANGE ******
8 * - 3;1-1-3-101 : D 25.0  R 2.00 ET 120.0  AL  35.0  GL 199.1 SK40     ID3    WPHPCF - ASR  D=25 L=35 ANGLE=0
9 ; TOOL LENGTH REFERENCE=TIP
10 TOOL CALL "3" Z S1660
11 ; ************************
12 FN 0: Q1=6640 ;CUTTING FEED
13 FN 0: Q2=6640 ;STEP FEED
14 FN 0: Q3=6640 ;PLUNGE FEED
15 FN 0: Q4=6640 ;RAMP FEED
16 FN 0: Q5=6640 ;FULL CUT FEED
17 FN 0: Q6=6640 ;CORNER FEED
18 ; ************************
19 TOOL DEF 0
20 FQ1
21 CYCL DEF 10.0 ROTATION
22 CYCL DEF 10.1 ROT+0
23 M03
24 L X-134.158 Y-12.79 FMAX
25 L Z+150 FMAX
26 M25 M26
27 ; **** 1. TOOL PATH ****
28 ; JOB NAME     : NEW RPLAN JOB
29 ; WALL THICKNESS=0.00 OFFSET=1.50 STEP=20.00 STEPZ=0.25 RAPID REVERSE TIP
30 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
31 CYCL DEF 32.1 T+0.045
32 L X-134.158 Y-12.79 Z+76.362 FMAX
33 L X-134.158 Y-12.79 Z+66.362 FQ3
34 L X-134.158 Y-12.79 Z+66.25
```

Ilustración 108. Programa para pieza formadora.

Ilustración 109.- Pieza maquinada terminada.

Para la parte de erosión se les deja sólo a las piezas que tienen geometrías demasiado complejas o barrenos muy pequeños, el erosionado se realiza con proveedores, debido a la falta de máquinas de erosión en SCM.

3.3.6 ENSAMBLE Y AJUSTE.

En ésta área se determina si el trabajo realizado está realmente hecho con las especificaciones del cliente, para ello se comienzan a ensamblar todas las piezas y se

observa detenidamente que no haya defectos al ensamblarlas; algunas veces éstas tienen una medida más larga por lo que es difícil que coincida con las demás, para ello se hacen los ajustes de acuerdo a las normas que establece SCM y se verifica con el programa que se muestra en la Tabla 7.

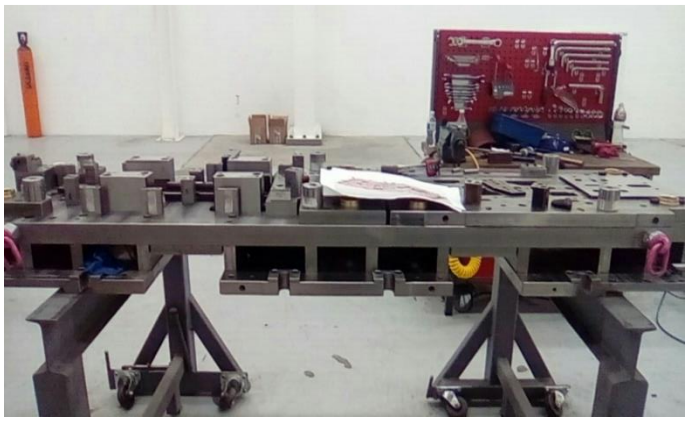


Ilustración 110.- Ensamble de troquel progresivo.

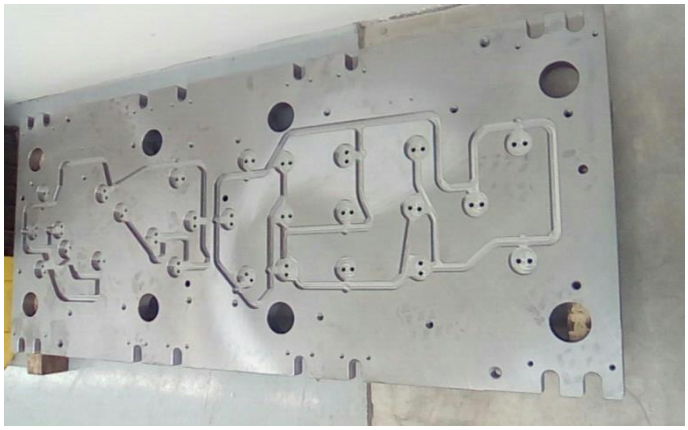


Ilustración 111.- Sistema de enfriamiento en placa superior.

Ilustración 112.- Ajuste- pernos de posición.

Cuando una pieza no está bien ajustada, a veces es necesario volver a mandarla a que la maquinen, por eso se observa detenidamente que no haya poros entre las piezas a simple vista, en ocasiones el ajuste de realiza a mano con lijas, dependiendo el ajuste que se necesite.

3.3.7 PRIMERAS PRUEBAS.

Éste es uno de los pasos finales para la fabricación de un troquel progresivo, se ensambla todo el troquel (como se ve en la Ilustración 113) y se comienzan a dar los primeros golpes para ver cómo ha salido la pieza, antes de eso; se verifica que cada una de las operaciones sean correctas y se observa detenidamente cada operación.

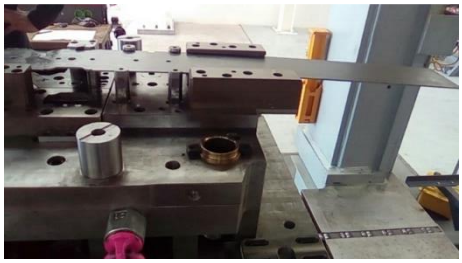


Ilustración 113.- Primeros golpes.

Ésta parte sirve para analizar detenidamente la pieza ya que a partir de aquí se pueden identificar algunos ajustes que estén mal y modificarlos.

3.3.8 AJUSTE FINO (ACABADO DE PRODUCTO).

Éste ajuste se lleva a cabo después de los primeros golpes o primeras pruebas que se haya realizado con el troquel progresivo. Las piezas que originen virutas, arrugas o cualquier otro defecto en la pieza terminada por el troquel, serán ajustadas cuidadosamente, a través de pulido o hasta regresar al maquinado; Para esto es importante que se revisen cada una de las operaciones en la chapa transformada.

Ilustración 114.- Rimado en barrenos.

En la Ilustración 114, se ve un claro ejemplo de ajuste fino, ya que se usa el rimado en barrenos para ajustar las medidas de los barrenos y que éstos tengan la tolerancia exacta y para que queden con el acabado superficial necesario.

3.3.8 SEGUNDAS PRUEBAS Y TERMINADO DE PIEZA.

Ya que se ha corroborado el ajuste del troquel, se procede a llevar a cabo los golpes finales para entregarlo al cliente; por consiguiente, se vuelve a montar el troquel a la prensa (ver Ilustración 115) y se repiten las mismas operaciones para troquelado.

Ilustración 115.- Montaje y golpe final de troquel progresivo.

Ilustración 116.- Pieza terminada..

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS.

4.1 ANÁLSIS DE LA PROPUESTA.

Una vez terminado el *"manual para la elaboración de un troquel progresivo",* se presentó durante la junta de taller para que lo analizara el diseñador, programador, el jefe de taller y el gerente de operaciones; posteriormente se tomaron unos días para verificar si éste traería algunas ventajas al elaborar un troquel.

Se dieron a conocer los puntos más importantes en los que había qué organizarse y tomar en cuenta, los cuales fueron:

- ***Revisión de la parte de ingeniería.*** Se requiere de un mayor enfoque antes de mandar los planos de detalle y de las modificaciones de algunas piezas.
- ***Manufactura.*** Tratar de llevar a cabo los pasos de mecanizado de acuerdo a las funciones que las piezas desempeñen.
- **Taller.** El encargado debía tomar el tiempo en el que se tardaban en liberar una pieza por la parte de manufactura.
- **Otras consideraciones a tomar.** Reducir la cantidad de scrap (desperdicios) que se produce al fabricar las piezas (elementos del troquel), así como de ahorrar la longitud y anchura de la chapa de lámina. Esto con el fin de mejorar la calidad del producto tanto del fabricante como del cliente, además que se evita el desperdicio de rebabas y se es responsable con el ambiente.

Finalmente, el gerente de operaciones escuchó la opinión de cada uno, y deliberó que es una propuesta buena para tener un proceso más estandarizado.

4.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MANUAL.

De acuerdo a lo establecido en el manual, se hizo un check list de todo el material con el que se contaba y se realizarón juntas de taller para ver si los resultados eran efectivos. Por lo que cada semana se verifico por medio de una lista (Ilustración 105), a partir de la cual se comenzo a controlar cada una de las piezas para dicho troquel.

En la implementación de éste manual, se comenzaron a ver errores comunes que ya se traían anteriormente, tales como:

- **Realizar el tratamiento térmico antes que los barrenos**, esto consumía hasta 3 días de retrabajo en dos turnos, lo que significa una pérdida de 51 horas, las cuales pudieron ser empleadas para elaborar o mecanizar distintas piezas; con la implementación del manual se simplica esto, de manera que desde el diseño hasta el último ajuste deben llevar un algoritmo.
- **Cambios de ingeniería**, no había una buena comunicación en lo que el cliente quería con lo que la empresa elaboraba.
- **Ordenar las herramientas de cada operador**, ya que ellos tenían un desorden y lo que podría llevar buscando una herramienta (alrededor de 5 minutos) se redujo totalmente, asignando un área específica para cada una de éstas en cada carro.

4.3 INFORME DE RESULTADOS.

Con la implementación del manual se obtuvo lo siguiente:

Tabla 14.- Control de fabricación de un troquel progresivo.

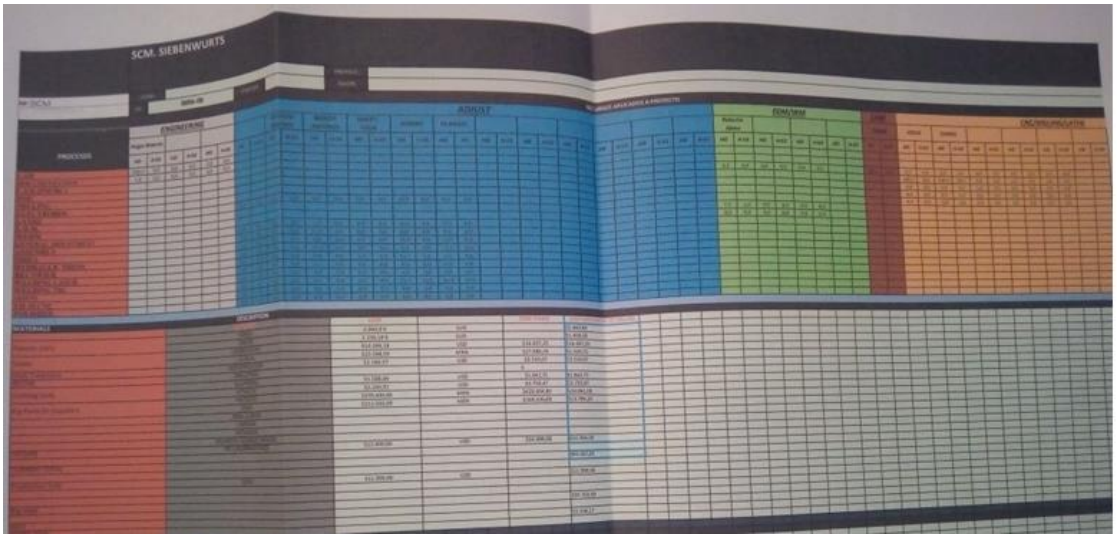
	A	B	C	D	E	F	G
1		Insertar Actividad					
2							
3	Nombre del Empleado	Fecha de Tral	Departament	Actividad/Maqu	ORD	Extr	Comentarios
4	Jorge	13/10/2017	Taller Ajuste	GENERAL ADJUSTMI	2.5	2.0	Acomodo para comenzar armado
5	Hugo Álv. P.	11/10/2017	Ingeniería	CAD	2.0	0.0	Planos de detalle para nuevos insertos
6	M. Ángel Rgz.	11/10/2017	Taller Ajuste	HYDRAULIC PRESS	8.5	2.0	liberacion de herramienta
7	M. Ángel Rgz.	10/10/2017	Taller Ajuste	HYDRAULIC PRESS	7.5	3.0	ajuste de herramienta
8	M. Ángel Rgz.	09/10/2017	Taller Ajuste	HYDRAULIC PRESS	7.0	0.0	Ajuste de herramientas
9	M. Ángel Rgz.	08/10/2017	Taller Ajuste	HYDRAULIC PRESS	0.0	4.0	
10	Hugo I. Vega	07/10/2017	Mecanizado	DMC	0.0	9.0	
11	Omar Mtz.	07/10/2017	Mecanizado	CAM	0.0	2.0	
12	M. Ángel Rgz.	07/10/2017	Taller Ajuste	HYDRAULIC PRESS	0.0	6.0	
13	Josué Vera	06/10/2017	Mecanizado	DMC	1.0	0.0	
14	M. Ángel Rgz.	06/10/2017	Taller Ajuste	ADJUST	7.5	4.5	
15	Adrián Mendoza	06/10/2017	Taller Ajuste	ADJUST	2.0	0.0	
16	Josué Vera	05/10/2017	Mecanizado	DMC	3.0	6.0	
17	M. Ángel Rgz.	05/10/2017	Taller Ajuste	ADJUST	7.5	4.0	
18	Adrián Mendoza	05/10/2017	Taller Ajuste	ADJUST	6.5	2.0	
19	Hugo I. Vega	04/10/2017	Mecanizado	DMC	2.0	0.0	
20	Adrián Mendoza	04/10/2017	Taller Ajuste	WELDING TIG	0.0	2.0	
21	Omar Mtz.	04/10/2017	Mecanizado	CAM	2.0	0.0	

GASTOS | Datos O.F. | Empleados

Lo que se ve en la tabla no es más que un control de operador, máquina y de gastos para la fabricación de dicho troquel.

La cual se divide en: datos O.F. (orden de fabricación), gastos y la lista de empleados; en la cual se describe brevemente las actividades y gastos que se van generando de acuerdo a cómo se elabora el troquel.

Tabla 15.- Formato gastos troquel progresivo.



En lo cual se generó un gasto total de $ 112, 683.03 USD (contando la mano de obra y de materiales), lo cual indica que hubo un ahorro monetario del 7% respecto a otros trabajos (los cuales no se puede agregar debido a que SCM respeta el contrato de confidencialidad con sus clientes).

También se hizo una tabla de toma de tiempos de elaboración con respecto a otros proyectos como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 16.- Control de tiempo en fabricación de herramentales.

Por lo que se observa en la Tabla 16, se logra reducir el tiempo hasta en un 9 %, logrando llegar a las fechas en las que el cliente pide el herramental; de manera que se espera que en los siguientes herramentales se ahorre más tiempo, incluso de tener un stock de piezas normalizadas o tener un estándar más amplio.

El resultado del período de fabricación de éste manual fue de 3 meses aproximadamente, tomando en cuenta que como se había mencionado anteriormente, el cliente aportó el diseño 3D del troquel progresivo, por lo que se adjuntan las siguientes imágenes.

Cabe mencionar que la empresa no cumplía con el tiempo de entrega cotizado, por lo que perdía credibilidad con los demás clientes.

Ilustración 117.- Ajuste de herramental.

Ilustración 118.- Término de maquinado de piezas.

En la Ilustración 118, se ve claramente que las piezas están ordenadas de acuerdo el plano de detalle, por lo que falta verificar si las piezas tienen las medidas requeridas.

Ilustración 119.- Ensamble porta punzón y punzón.

En la Ilustración 118 e Ilustración 119 se observan ejemplos de las medidas que se tomaron para evitar que las piezas no cumplieran con las medidas requeridas y así evitar que no se ensamblaran; ya que una vez maquinadas las piezas se van comprobando que embonen con los normalizados (que son las piezas que se piden con proveedores externos).

En el caso de los normalizados, se les pide a los proveedores que entreguen un catálogo de piezas normalizadas digitalmente y a manera de modelado para poder hacer modificaciones de algunas partes que no estén ensambladas de manera correcta o que tengan alguna interferencia con otras piezas; eso también ahorra tiempo a la parte de diseño ya que se evita la necesidad de recrear las piezas o diseñarlas de acuerdo a las medidas que el troquel progresivo así lo requiera.

CONCLUSIONES

El sector automotriz cada vez requiere de mayor precisión, es por ello que es de vital importancia estandarizar ciertos procesos en la fabricación de troqueles progresivos; se sabe que éstos pueden producir demasiadas piezas en un período corto de trabajo; pero la elaboración de éste tipo de troqueles requiere tiempo y mucho conocimiento tanto en ajuste como en el proceso.

La manufactura y el diseño, son otro punto muy importante en el desarrollo de cualquier producto, donde siempre se busca que el tiempo y el dinero requerido sea el menor posible, aumentando la producción y disminuyendo el costo; pero más que nada se requiere de cierta capacitación en éstos y aplicación de lo aprendido, ya que se generan demasiados errores en la producción de éstos herramentales.

Los troqueles son tan utilizados en la vida cotidiana, su aplicación a veces es bastante sencilla pero la forma en que se realizan éstos es algo complejos, es por eso que se opta por realizar éste manual, ya que no sólo le servirá a la empresa; posiblemente les sirva a posibles emprendedores en éste ramo.

En la parte de las últimas pruebas se obtuvo que las piezas terminadas son de buena calidad, con un corte uniforme a lo largo de toda la geometría, lo que demuestra que todo se realizó de manera correcta, consiguiendo alineaciones adecuadas, así como dimensiones y cálculos de claro; esto se confirmó mediante una máquina de medición.

Es de ésta manera como a través de una serie de pasos, se puede lograr eficientar un proceso y reducir tiempo y dinero.

RECOMENDACIONES

Algo para evitar una pérdida de tiempo en un futuro o durante la construcción de alguna pieza:

- Verificar los planos de detalle con el modelo 3D, para ver si la pieza está correctamente en su lugar y verificar la forma con la que la pieza deberá ser fabricada.
- Realizar una simulación del troquel en 3D, antes de la fabricación de las piezas, lo que sería hacer uso de un simulador para evitar que se produzcan arrugas en las piezas terminadas.
- Llevar a cabo ingeniería concurrente constantemente para elegir y determinar el tipo de material, número de piezas, tratamientos, etc.
- Realizar los planos de detalle antes de empezar a maquinar los elementos de un troquel progresivo.
- Tener un conocimiento amplio en normas, ajustes y tolerancias.
- Realizar un itinerario de piezas que se fabricarán durante el día.
- Hacer un buen uso de los cálculos para el diseño.
- Hacer un buen uso de los materiales normalizados con el fin de ahorrar el mantenimiento de las piezas, o que las piezas se cambien individualmente, en vez de cambiar un conjunto de piezas.
- Aprovechar la distribución de las piezas en la chapa metálica; esto puede ahorrar mucho trabajo y tiempo.
- En las operaciones de doblado hechas con matriz progresiva deberemos poner especial atención en los siguientes puntos:
  - ✓ Centrar la banda mediante punzones piloto en cada estación o paso.
  - ✓ Prever un paso en vacío cuando existan doblados conflictivos.
  - ✓ Realizar los cortes y doblados en placas separadas.
  - ✓ Los doblados deberán tener salida para desplazarse posteriormente.
  - ✓ Cuidar que las fuerzas de doblado estén repartidas en la matriz.
  - ✓ Impedir el movimiento de la pieza durante su doblado.
  - ✓ Siempre que se pueda, hacer los dobleces en sentido favorable a las fibras del material.

- ✓ Tener siempre en cuenta el factor de retorno del material.
- ✓ Evitar los radios de doblado inferiores al espesor de la chapa.

Con lo anterior se espera que la fabricación de una matriz progresiva reduzca el tiempo de su elaboración en 3 o 5 días durante las primeras aplicaciones del manual ya que es difícil lograr una estandarización de un proceso tan complejo como lo es el troquel progresivo; el tiempo real o estimado es acerca de 3 meses (a rangos generales).

ANEXO A: Tablas de materiales.

INVENTARIO	
BODEGA	
NOMBRE	DESCRIPCION

CANTIDAD

INVENTARIO	
AREA DE CNC	
NOMBRE	CANTIDAD

INVENTARIO	
AREA DE CNC	
NOMBRE	CANTIDAD

ÀREA DE AJUSTE	
GABETA 1	
DESCRIPCION	CANTIDAD
BASE INDICADOR FOWLER	1
S7-070-116	
VERNIER DIGITAL FOWLER	1
SG101-600-1	
PORTAINSERTOS	2
CONECTORES DE ENTRADA DE AIRE	
EJN 320 2002 SLD	12
ANILLOS DE METAL 6-16 mm.	6
MANERAL ATORN	
509 4_1120	1
MANERAL HAZET 900 Lg	1
MARTILLO ATORN DIN 1041	2
NAVAJAS	
R7.5-15 mm	2
HERRAMIENTA PARA MANERAL	
ATORN 50060217	2
NAVAJAS ORION	
DIN 2275 .05-1 mm.	4
MANERAL HAZET 195-1	2
LLAVES NEGRAS 7885	

ÀREA DE AJUSTE	
CONECTORES FIBRO	
DESCRIPCION	CANTIDAD
2480.00.27.01.0230	3
2480.00.27.01.0190	3
2480.00.27.01.0160	3
2480.00.27.01.0130	3
2480.00.27.01.0270	1
2480.00.27.01.0235	3
2480.00.27.01.0170	2
2480.00.27.01.0100	1
2480.00.27.01.0180	1
2480.00.27.01.0250	1
2480.00.27.01.0150	1
2480.00.27.01.0200	1
CONECTORES DE TORNILLO	
2480.00.28.14	10
2480.00.28.15	12
2480.00.28.01	8
2480.00.28.17	10
CONECTORES SUELTOS	
PN2-2/15PA	
LARGOS	
MEDIANOS	4
CORTOS	8

ÀREA DE AJUSTE	
LLAVES	
DESCRIPCION	CANTIDAD
LLAVE RECTA 17-19	1
LLAVE PARA TUERCA	
CRAFTSMAN 44509 22 mm.	1
GEARWRENCH 81743 27 mm	1
STANLEY 84-24	1
STANLEY 86-861 #16	1
STANLEY #12	1
CONO REDUCCION 67-001-134	1
CONO PARA CNC	1
CUÑA	
PIEZAS CON ROSCA	
PERNOS	5
CINTA METRICA	
STANLEY POWERLOCK sm/16"	1
MANERAL PARA MACHUELEAR RECTO	1
MANERAL PARA MACHUELEAR CRUZ	1
SIERRA CRAFTSMAN	1
PINZAS VISE-GRIP 2078208	1
LLAVE STANLEY 86-824 #19	1
LLAVE STANLEY 86-824 #18	1
PRENSAS AJUSTABLE USO RUDO	2
PISTOLA DE AIRE	1

ÀREA DE AJUSTE	
TORNO HERRAMIENTAS CONO	
CODIGO	CANTIDAD
355K50	11
465K50	2
165K51	1
455K52	2
305K53	2
155K54	3
345K55	1
485K56	1
375K57	1
365K58	11
265K59	1
255K60	1
405K61	1
185K62	1
335K63	1
235K64	1
BARRAS DE METAL	
GRANDES	8
MEDIANAS	6
PEQUEÑAS	10
HERRAMIENTA PARA TORNO	5
RONDANAS DE METAL	10
CHAPAS(ABRAZADERAS)	15
MORDAZAS	4

1
1
1
1
2
2
2
1
1
2
1
2
3
2
1
2
2
2
2
1
1
1
1
1
ROTO
3
2
M4 2
M10 3
M12 1

INVENTARIO		
AREA DE CNC		
NOMBRE	DUREZA	CANTIDAD
INSERTOS		Caja con 10
EDMT0603TN-8	45-55HRC	17
EDMT070220R-T	50HRC	2
306.0130.00 TN35	62HRC	1
306.1045.0989	50-62HRC	2
MPHW0663082EL		1
EPNW0603TN-8		1
NO SIRVE		
INSERTOS		Caja con 10
EPMT08BTN-10	30-40HRC	10
EDMT070220R-T	30-50HRC	5
MPHW060308ZEL	62HRC	4
EPNW0603TN-8	50-62HRC	3
MPHWL060320ZEL	<62HRC	2.5
DISPONIBLES		
TORNILLOS PARA INSERTOS		11
PIÑAS		
ASRM2025R-4 (UAHL074)		1
ASRM202JR-4(UBHL441)		1
PORTAINSERTOS		
ASRB-305 2RM-7-27		1
ASRB-305 2RM-7-27 UAHL242		1
SCLCR2525M12	BOEHLERIT	1
SDJCR2525M11	WALTER CUT	1
SBN2020-26-K	WALTER CUT	1
SDCL2020K11	WALTER CUT	1
E08HSCLCR06	BOEHLERIT	1

INVENTARIO	
AREA DE CNC	
NOMBRE	CANTIDAD
DESARMADORES	
TORX T6	1
360 T8X60	5
J.14T20 P	2
SO10TO6CA020	
BOQUILLAS PARA SUJECION	
0224394/.75"/D.0625"/50.5	1
0224390/D.75"/D.375"50.5	1
02243921/D.75"D.5"/50.5	1
FLEXOMETRO	
N2JOME 50m/164	1
ESCUADRA DE PRESICION	1
JUEGO DE LLAVES	1
Palpador Haimer TASTER análogo	1
8036300	
Accesorios para TASTER	
Rollo de hule	1
Toolpro "ATORN" Solid-clamp 90°	2
21660010	
Portaconos	5
CORTADORES CHATARRA	
HG0132100-PN	V. Radios
DESARMADOR ROJO ESTELAR	1
MITSUBICHI HITACHI TOOL	
ASPVM-2025R-4-M12	1
ASPVM-2035R-5-M16	1

INVENTARIO	
AREA DE CNC	
DESCRIPCION	CANTIDAD
SANCOS PARA PIÑAS	
INGERSOLL S020T12CA040	2
DESARMDOR	
360/T8X60	1
EQUIPO DE SUJECION	
VERNIER DIGITAL "FOLWER"	1
VERNIER	1
75115821	
REFRACTOMETRO	1
ATAGO 0374682	
RONDANAS MF436	9
DESARMADORES	
CRUZ	1
ESTRELLA	1
PLANO	1
ACEITE DIVINOL LITHOGREASE	1
FLEXOMETRO NZJOME 50 m	1
ESCUADRA DE PRECISION	1
PORTAINSERTOS ASRB-305 2RM	1
JUEFO DE LLAVES	1
CORTADOR DE BOLA 10 mm-21-101-916	1

INVENTARIO	
AREA DE CNC	
DESCRIPCION	CANTIDAD
CORTADORES DE CARBURO	
DCMT11T304-PMJ	1 CAJA
328.5060.01 TN35	1 CAJA
VCGT 110302-BAL	1 CAJA
IC 9.2	1 CAJA
CCGT2T060202-PF2	1 CAJA
GX16-2E300N030-UF4(W5M33)	1 CAJA
PIEDRA PARA PULIR	1
DESARMADORES TORX T6	1 CAJA
306.0130.00 TN35	1 CAJA
306.1045.0989 T25	1/2 CAJA
360/T8X60	5
OJ.14T20P	2
5010T06CA020	1
TORNILLOS PARA INSERTOS	11
PASTA P-37	1
BOQUILLAS PARA SUJECION	
0224394/ D.75/D.0625	1
0224390/ D.75/D.392	1
0224390/ D.75/D.376	1

AREA DE AJUSTE		AREA DE AJUSTE		AREA DE AJUSTE	
SEGUNDA SECCION		SEGUNDA SECCION		TERCERA SECCION	
LLAVES				TORNILLO	
Española "ATORN"	CODIGO	LLAVES T	CODIGO	PKE 12.9	1
22 mm	S1780014	3	334 R/SW	35 CM	1
24 mm	S1780015	4	335 R/SW	MANGO PARA EXTRAER PIEZAS	2
27 mm	S1780016	5	336 R/SW	TEFLON 12 MMX12 MMX1 MM 60 G.	1
30 mm	S1780017	6	337 R/SW	PINTURA AZUL PARA TRAZOS	
ESPAÑOLA MOVIBLE	CODIGO	8	338 R/SW	81-005-008	1
12 mm	.....	16	339 R/SW	SPRAY MULTIUSOS WD-40	1
13 mm	.....	DADOS "ATORN"		SPRAY PENETRANTE VTP 50	1
14 mm	.....	4	S0060161	MEUSBURGUER PARA TROQUEL	1
15 mm	.....	5	S0060162	EXTRACTORES COLA DE RATA	
16 mm	.....	6	S0060163	1_8	1
17 mm	.....	7	S0060164	1_4	1
18 mm	.....	8	S0060165	5_16	1
19 mm		10	S0060166	7_16	1
INGLESA "ATORN"	CODIGO	12	S0060167	9_16	1
24-27	S0066024	14	S0060168	3_4	1
20-22	S0066019	17	S0060169	DESARMADOR ATORN8X175	1
18-19	S0066016	19	S0060170	MULTICRAFT PB 6100/3	1
17-19	S0066015	LUAS P240	2	MANERAL T #2 M4-12	1
16-17	S0066014	TORNILLO GELFF 10.9	4	MANERAL TRIMPO ORION S1005510	1
14-15	S0066011	TORNILLO OF 10.9	4	EXTENSION MANERAL DIN 377	
12 A 13	S0066007	TORNILLOS PEQUEÑOS 10.9	4	8	1
10 A 11	S0066004			7	1
8 A 9	S0066002			6.2	1
30-32	S0066028			5.5	1
				4.9	1
				3.4	1
				2.7	1

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

AREA DE AJUSTE	
CUARTA SECCION	
GOLPEADORES GEDORE 116 D	JUEGO C/6
MASO PARA GOLPEAR	2
CAPUCHON PARA GOLPER	
GRANDES	5
MEDIANOS	5
CHICOS	5
CINTA CHESTERNON GOLD END TAPE	1
PINZAS KRIPEX 4911A2	2
LLAVE PERICA GEDORE	1
PIEDRA PARA RECTIFICADORA "TYROLIT"	
CAJA DE BROCAS	21
CUÑAS	2
AVELLANADORES	2
REPUESTO DE CEGUETA	3
PUNZON 4 mm	3
Punzon 10 mm	2
PUNZON 6 mm	1
DISCO PARA ESMERIL	1
PERNO DOWEL 5 mm	27
PERNO DOWEL 4.5 mm	2
PERNO DOWEL 3 mm	1
PERNO DOWEL 4.5 mm	5
PERNO DOWEL 3.5 mm	12
PERNO DOWEL 5 mm	1
PERNO DOWEL 4 mm	1
PERNO DOWEL 1.5 mm	6

AEA DE PRENSA	
CONSUMIBLE	
DESCRIPCION	CANTIDAD
NIVEL TRUPER 18" 457 mm.	1
ESTAÑO TRUPPER	1
MASK&TAPE	1
PIEDRAS	3
MINIDISCO LAMINADO 2"	
53040029	2
TENAZIT 1718 115 mm 4 1/2"	1
BARRA PARA SENTAR	1
LIJAS CONO	7
MICROLAP	1
PIEDRAS PARA PULIR	3
PORTAINSERTOS ATORN HSS	
BROCAS	
ESPONJA CEGUETA ARCO	1
BARRETA PATA DE CABRA	1
CARETA	1
PISTOLA NEUMATICA	1
JERGAS	5
MANGUERAS DE PIEDRA PARA TALLAR	1
MANGUERA DE DISCO PULIDOR	1
MANGUERA PARA AIRE	1
PIEDRA PARA MATRICERO	4
PIEDRA MONTADA A3 CON ZANCO DE 1/2	9
PIEDRA MONTADA 5 Cm. CON ZANCO DE 1/3	5
PIEDRA MONTADA 5 Cm. CON ZANCO DE 1/4	3
DISCO PARA CORTE 4 1/2"	8
DISCO PARA ESMERIL	2
DISCO PARA PULIR	2
DISCO PARACORTE 3 mm	4

AREA DE AJUSTE	
TORNILLOS	
DESCRIPCION	CANTIDAD
TORNILLO ALLEN 8 mm	28
TORNILLO ALLEN 3 mm	31
TORNILLO ALLEN 2 mm	69
TORNILLO ALLEN 5 mm	12
TORNILLO ALLEN delgado 1.5 mm	8
TORNILLO ALLEN delgado 3 mm	10
TORNILLO ALLEN 3.5 mm	10
TORNILLO ALLEN 4.5 mm	2
TORNILLO ALLEN 4 mm	17
TORNILLO ALLEN 10 mm	7
TORNILLO ALLEN 2.5 mm	1
TORNILLO ALLEN 7.5 mm	3
TORNILLO ALLEN 6 mm	12
TORNILLO ALLEN cabeza plana 2 mm	6
TORNILLO ALLEN cabeza plana 1.5 mm	2
TORNILLO ALLEN 2.5 mm	16
TORNILLO ALLEN 1.5 mm	9
RONDANAS	
RONDANA 2.5	4
RONDANA 2	4
RONDANA 1.5	10
RONDANA 1.5	6
NAVAJAS R.5-1 mm.	1
ARANDELAS	1
GONIOMETRO	1
MARCADORES	4
GOLPEADOR (100-10)	1

AREA DE AJUSTE	
GABETA 4	
DESCRIPCION	CANTIDAD
MANGO PARA LA SIERRA	1
ENTRADAS PARA AIRE	16
LIJA MJ 240	18
LIJA BT 80	12
ARGOLLA CISEM36	4
ARGOLLA SCGNIS	1
ARGOLLA GISEM30	3
ARGOLLA M20	2
ARGOLLA SCGAIS	2
ARGOLLA CISEM12	1
ARGOLLA M10	2
ARGOLLA M17	2
CADENA CON GANCHOS	1

AREA DE TALLER	
DESCRIPCION	CANTIDAD
CALIBRADOR DIGITAL	
JUEGO DE ESCUADRAS	1
CONECTOR DE STAUBI RCS 06-4483510	1
CONECTOR DE STAUBI RCS 06-05	1
CONECTOR PARA AIRE	2
BARRAS DE COBRE	1
TORNILLOS	3
BOQUILLAS PARA FRESA	
1,8	1
3,16	1
3,8	1
1,4	1
1	1
7,16	1
5,16	1
7,8	1
1,2	1
3,4	1
JUEGO DE LLAVES ALLEN	2
VERNIER	1
JUEG DE DESARMADORES PLANOS	2
PLASTILINAS	2
JUEGO DE CLAMS	1
BOTADORES	4
JUEGO DE RESORTES	1
MARTILLO	2

AREA DE TALLER	
DESCRIPCION	CANTIDAD
JUEGO DE TORNILLOS	3
JUEO DE AROS	12
TABLA DE MADERA	1
MANGUERA PARA PIEDRA DE PULIDO	1
PEDRA DE PULIDO	1
PIEDRA DE RECTIFICADO	1
JUEGOS DE MICROMETRO	2
ESCUADRA TRUPER 8X12"	1
PIEDRAS PARA ASENTAR	2
VALVULAS DE PRESION	2
MANGUERA DE AIRE	1
MINIFLAP 24834	1
MINIFLAP 24803	1
LAMINA DE ACERO ROLLO	1
LAMINA DE ACERO ROLLO 2 mm	1
LAMINA DE ACERO ROLLO .10 m	1
CABLE EXTENSION	1
DESARMAOR PLANO	1
DESARMADOR 360/T10X80	1
JUEGO DE LLAVES ALLEN	9 PZA
LLAVE DE 22/20	
ARANDELAS	4
LIJAS	2
SIERRAS 300 mm(12")	3
CUÑA	1
LAMPARA DESCOMPUESTA	1
PILA	1
DESARMADO 360/T8X60	2

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

AREA DE TALLER		AREA DE TALLER		AREA DE TALLER	
DESCRIPCION	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD
LLAVE 23/21	1	TUBO PARA APRETAR TORNILLOS	1	BROCAS	
MARTILLO	1	MARTILLO DE PELLA	1	10.2	1
JUEGOS DE LLAVE LLEN	3	MATRACA	1	8.5	1
PORTADESARMADOR .5 NM	1	EXTENSION PARA DADOS 509/10	1	6.8	1
DESARMADOR T6 .6NM/5.5	1	EXTENSION PARA DADOS 509/5	1	5	1
CUÑA	5	DADOS		4.2	1
BARRA DE LIJA	1	900 Lg-14	1	3.3	1
TORNILLO HEXAGONAL	3	900 Lg-15	1	2.5	1
CINTA ADHESIVA	1	900 Lg-16	1	MACHUELOS	
JUEGO DE PORTAHERRAMIENTAS DEL TORNO	6	900 Lg-17	1	M12	1
CORTADOR DIAMANTE	1	900 Lg-19	1	M10	1
PORTACORTADOR	1	50060134-22	1	M8	1
RONDANAS	2	50060131-20	1	M6	1
ANILLO DE AJUSTE 6-16 mm.	1	50060136-24	1	M5	1
PIEZA DE TROQUELADO		50060138-27	1	M4	1
RIMA CON INSERTO DE CARBURO(32 mm)	1	DADO DE PUNTA LARGA (6-90)	1	M3	1
RIMA CON INSERTO DE CARBURO(22 mm)	1	DADO DE PUNTA LARGA (7-100)	1	LLAVE INGLESA 1/2"	1
BROCA	17	DADO DE PUNTA LARGA (8-120)	1	LLAVE AJUSTABLE	1
PORTABROCAS PARA TALADRO	2	DADO DE PUNTA LARGA (10-140)	1	PINZA 03 05 180	1
MACHUELO M12 EMPUJADOR	3	DADO DE PUNTA LARGA (5-180)	1	PINZA 70 05 180	1
LLAVE ALLEN DE 22	1	FLEXOMETRO 2m.	1	PINZA 19-60 mm.	1
LLAVE ALLEN DE 17	1	OPRESOR	1	PINZA 40-100 mm	1
LLAVE ALLEN DE 14	1	VERNIER CONVENCIONAL	1	PINZA 19-60 mm.	1
LLAVE DE ALLEN DE 12	1	LAMPARA	1	CONSUMIBLES	
LLAVE ALLEN DE 24	1	NAVAJA	1	ESTAÑO PARA PRUEBAS	1
JUEGO DE LLAVES ALLEN 62, 7220/9	9	VERNIER DIGITAL (PROFUNDIDAD)	1	CONTENEDOR PARA HERRAMIENTAS	1
PERNO,BARRA	1	VERNIER DIFITAL	1	LIMA DE DIAMANTE	1
RIMA ROTATIVA	1	ESCUADRAS DIN87500	3 PZAS	BROCHAS	2
JUEGO DE MATRACAS	18 PZAS	NAVAJA R 15.5-25 mm (CON ESTUCHE)	1	LIMAS	2
PASADOR	1	NAVAJA R 1-7mm (CON ESTUCHE)	1	PIEDRA PARA ASENTAR	1
				PIEDRA PARA PULIR	1

AREA DE TALLER/AJUSTE		AREA DE CNC		AREA DE RECTIFICADORA		MAQUINAS
CONSUMIBLES				DESCRIPCION	CANTIDAD	SIEBENWURST
DESCRIPCION	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD	PAQUETE DE TORNILLOS Y PLACAS	1	Fresa DMG
TORNILLO 38261	1	PIEDRA PARA ASENTAR (200 mmx50mm)	1	BROCA D. 10mm	1	PRENSA
SIERRA 12"/300 mm.	1	MARCADOR DE ACEITE	1	TORNILLO PARA CHAPA, CABEZA CILIDRICA	1	RECTIFICADORA
LLAVE	1	PERNOS DOWELL	2	TORNILLO METRICO HEXAGONAL	1	TOS MACHINE
BARRA PARA ASENTAR	1	MARTILLO DE GMA 802-50 mm	1	PERDNO D.8.12 mm.	1	FRESADORA MANUAL
RAYADOR	1	BASCULA	1	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL	1	DMG Mori
TORNILLO 38261	1	LIMA 51-736-130	1	TUERCA HEXAGONAL D. 50.32	1	Taladro de mesa
DISCO LAMINADO	1	CLAMPS	4	ANILLO M16	1	Torno convencional
MINIFLAP 5/8X5/8X1/8. 120AO	1	TORNILLO PARA CLAMPS	4	ARANDERA D. 36 DINT 22 mm	1	soldadura laser
MINIFLAP 5/8X5/8X1/8. 120AO	1	ARANDELAS D49.58 INT 21	6	TORNILLO CABEZA CUADRADO	1	Cepilladora
ROLLO DE ESTAÑO. D3 mmx 8m	1	PLACAS CIRCULARES	2	BARRAS	2	
PISTOLA DE AIRE	1	PLACAS CIRCULARES D.36.7 mm	2	TORNILO	1	
ESTUCHE MICROLAP UHT	1	MANGUERA	1	JUEGO DE MANERAL Y DADOS	1	
TORNILLO DE BANCO	1	BROCHA	1			
		LAZO	1			
		DISCO PARA PULIR	1			
		IMPRESORA	1			

ANEXO B: Tabla de resistencia a la rotura y al corte de los materiales laminados.

MATERIALES	Resistencia a la rotura en Kg/mm²		Resistencial al corte en Kg/mm²		Peso específico en Kg/dm³
	Recocido	Crudo	Recocido	Crudo	
Acero laminado con 0,1% de C.	31	40	25	32	
Acero laminado con 0,2% de C.	40	50	32	40	
Acero laminado con 0,3% de C.	44	60	35	48	
Acero laminado con 0,4% de C.	56	70	45	56	
Acero laminado con 0,6% de C.	70	90	56	72	7.8 - 7.9
Acero laminado con 0,8% de C.	90	110	72	90	
Acero laminado con 1.0% de C.	100	130	80	105	
Acero laminado Inoxidable	65	75	52	60	
Acero laminado al sicilio	56	70	45	56	
Aluminio	7.5 - 9	16 - 18	6 - 7	13 - 15	2,7
Anticorodal	11 - 13	32 - 36	9 - 10	25 - 29	2,8
Avional (Duraluminio)	16 - 20	38 - 45	13 - 16	30 - 36	2,8
Aluminio en aleación (Siluminio)	12 - 15	25	10 - 12	20	2,7
Alpaca laminada	35 - 45	56 - 58	28 - 36	45 - 46	8.3 - 8.45
Bronce	40 - 50	50 - 75	32 - 75	40 - 60	8.4 - 8.9
Cinc	15	25	12	20	7.1 - 7.2
Cobre	22 - 27	31 - 37	18 - 22	25 - 30	8.9 - 9
Estaño	4 - 5		3 - 4		7,4
Fibra			17		
Latón	28 - 37	44 - 50	22 - 30	35 - 40	8.5 - 8.6
Oro			18	30	19.3 - 19.35
Plata laminada	29	29	23,5	23,5	10,5
Plomo	2,5 - 4		2 - 3		11,4

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

ANEXO C: Tabla de resistencia a la rotura y al corte de los materiales laminados (N/mm^2).

Material	Resistencia a la rotura por tensión (N/mm2)		Resistencia al corte (N/mm^2)	
	Recocido	Crudo	Recocido	Crudo
Acero lamin. con 0.1% de C	303.8	392	245	313.6
Acero lamin. con 0.2% de C	392	490	313.6	392
Acero lamin. con 0.3% de C	431.2	588	343	470.4
Acero lamin. con 0.4% de C	548.8	686	441	548.8
Acero lamin. con 0.6% de C	686	882	548.8	705.6
Acero lamin. con 0.8% de C	882	1078	705.6	882
Acero lamin. con 1.0% de C	980	1274	784	1029
Acero lamin. acero inoxidable	637	735	509.6	588
Acero lamin. al silicio	548.8	686	441	548.8
Aluminio	73.5-88.2	156.8-176.4	58.8-68.8	127.4-147
Anticorodal	107.8-127.4	313.6-352.8	88.2-98	245-284.2
Avional (duraluminio)	156.8-196	372.4-441	127.4-156.8	294-352.8
Aluminio lam.en aleac.(siluminio)	117.6-147	245	98-117.6	196
Alpaca laminada	343-441	548.8-568.4	274.4-352.8	441-450.8
Bronce	392-490	490-735	313.6-392	392-588
Cinc	147	245	117.6	196
Cobre	215.6-264.7	303.8-362.6	176.4-215.6	245-294
Estaño	39.2-50	-	29.4-39.2	-
Fibra	-	-	166.6	-
Latón	274.4-362.	431.2-490	215.6-294	343-392
Oro	-	-	176.4	294
Plata laminada	284.2	284.2	230.3	230.3
Plomo	24.5-39.2	-	19.6-29.4	-

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

ANEXO D: Calibres de chapas metálicas.

Especificación de calibres de láminas			Especificación de calibres de láminas		
No. De calibre	Espesor de lámina en pulgadas	Espesor de lámina en mm	No. De calibre	Espesor de lámina en pulgadas	Espesor de lámina en mm
3	0.2391	6.07	23	0.0269	0.68
4	0.2242	5.69	24	0.0239	0.6
5	0.2092	5.29	25	0.0209	0.53
6	0.1943	4.93	26	0.0179	0.45
7	0.1793	4.55	27	0.0164	0.41
8	0.1644	4.17	28	0.0149	0.37
9	0.1495	3.79	29	0.0135	0.34
10	0.1345	3.41	30	0.012	0.3
11	0.1196	3.03	31	0.0105	0.26
12	0.1046	2.65	32	0.0097	0.24
13	0.0897	2.27	33	0.009	0.22
14	0.0747	1.89	34	0.0082	0.2
15	0.0673	1.71	35	0.0075	0.19
16	0.0598	1.51	36	0.0067	0.17
17	0.0538	1.36	37	0.0064	0.16
18	0.0478	1.21	38	0.006	0.15
19	0.0418	1.06			
20	0.0359	0.91			
21	0.0329	0.83			
22	0.0299	0.76			

SCM
SIEBENWURST
CAD CAM SOLUTION MEXICO

ANEXO E: Elementos del troquel progresivo y sus características de construcción.

Posición	Cant.	Elemento	Medidas con tamaño final (mm)	Material (DIN)	HRc
1.001	1	LOWER PLATE	1600x700x40	1.0570	
1.002	1	LOWER MOUNTING PLATE	1600x570x60	1.0570	
1.003	1	SCRAP TRIM STEEL	90x61x85	1.2379	60+2
1.004	1	RETAINER PLATE	80x44x86	1.2363	
1.006	1	MIDDLE PLATE	75x70x30	1.0570	
1.007	1	RETAINER FOR LOCK	55x52x43	1.2363	
1.008	1	RETAINER FOR SENSOR	45x43x5	1.0570	
1.009	1	LOCK	81x15x45	1.2363	58+2
1.010	1	RETAINER PLATE	344x274x25	1.2363	
1.011	1	DISTANCE PLATE	344x274x10	1.2363	58+2
1.012	1	INSERT FORMING	140x100x80	1.2379	56–58+2
1.013	1	DISTANCE PLATE	138x98x5	1.2363	
1.014	1	MATRIX	63x48x25	1.2379	60+2
1.015	1	MATRIX	63x47x25	1.2379	60+2
1.016	1	MATRIX	190x170x35	1.2379	60+2
1.017	1	MATRIX	75x40x25	1.2379	60+2
1.018	1	MATRIX	166x165x35	1.2379	60+2
1.020	1	INSERT FORMING	150x100x80	1.2379	56 – 58+2
1.022	1	MIDDLE PLATE	210x210x35	1.0570	
1.023	1	DISTANCE PLATE	148x100x5	1.2363	
1.024	1	INTRODUCTORY BLOCK	140x57x48	1.2363	58+2
1.025	1	INTRODUCTORY BLOCK	160x55x48	1.2363	58+2
1.026	1	INTRODUCTORY BLOCK	50x50x48	1.2363	58+2
1.027	1	INTRODUCTORY BLOCK	50x50x48	1.2363	58+2
1.028	1	INTRODUCTORY BLOCK	50x26x76	1.2363	58+2
1.029	1	INTRODUCTORY BLOCK	200x48x48	1.2363	58+2
1.030	1	INTRODUCTORY BLOCK	200x48x48	1.2363	58+2
1.033	1	SLIDING PLATE SECURITY	75x75x130	1.2363	58+2
1.034	1	SLIDING PLATE SECURITY	75x75x130	1.2363	58+2

1.037	8	DISTANCE BLOCK	60x20x80	1.2363	
1.038	1	PLATE_FORK	176x50x20	1.0570	
1.039	1	PLATE_FORK	176x50x20	1.0570	
1.040	1	PLATE	220x45x10	1.0570	
1.044	1	LIFTING STRIP	145x52x28,5	1.2379	58+2
1.045	1	LIFTING STRIP	145x52x28,5	1.2379	58+2
1.046	6	LIFTER_I	ø26X97	1.2379	58+2
1.047	12	LIFTER_II	ø16X61,8	1.2379	58+2
1.048	5	LIFTER_III	ø26X115	1.2379	58+2
1.049	1	INSERT FORMING	152x100x80	1.2379	56 – 58+2
1.050	1	DISTANCE PLATE	150x98x10	1.2363	
1.051	1	LIFTER PLATE	141x24x25	1.2379	58+2
1.052	1	LIFTER PLATE	141x24x25	1.2379	58+2
1.054	1	LIFTER_IV	85x30x65	1.2379	58+2
1.055	5	SLOT_PLATE	90X65X10	1.0570	
1.056	4	SLOT_PLATE	170x70x10	1.0570	
1.057	21	KEY	14x12x8	1.0503	
1.058	9	KEY	60x20x20	1.0503	
1.059	5	DISTANCE BLOCK	60x20x35	1.2363	
1.060	1	CENTERING BAR	180x115x20	1.2363	
1.061	1	CENTERING BAR	180x132,6x20	1.2363	
1.062	6	DISTANCE BLOCK	ø60X55	1.2363	
1.063	1	SENSOR RETAINER	100x50x47	1.0503	
1.064	1	SENSOR LEVER			
1.064.1	1	LEVER	130x12x15	1.0038	
1.064.2	1	PLATE	40x30x5	1.0038	
1.065	6	TRANSPORT BLOCK	ø60x90	1.0503	
1.066	1	SENSOR RETAINER	33x30x4	1.0570	
1.067	1	MIDDLE PLATE	780x570x45	1.0570	
1.068	1	RETAINER GUIDE BUSH	135x125x45	1.0570	
1.069	1	RETAINER GUIDE BUSH	135x125x45	1.0570	
1.070	1	RETAINER GUIDE BUSH	190x121x45	1.0570	
1.071	1	RETAINER GUIDE BUSH	190x121x45	1.0570	

1.072	1	MIDDLE PLATE	103x101x75	1.0570	
1.073	1	SLIDING PLATE SECURITY	75x75x130	1.2363	58+2
1.074	1	SLIDING PLATE SECURITY	75x75x130	1.2363	58+2
1.075	1	INSERT FORMING	ø28X80	1.2379	56 – 58+2
1.076	1	INTRODUCTORY BLOCK	50x26x76	1.2363	58+2
1.077	1	PLATE SECURITY	48x35x78	1.0570	
1.078	1	PLATE SECURITY	48x35x78	1.0570	
1.079	1	RIB	550x40x65	1.0570	
1.080	1	RIB	550x40x65	1.0570	
1.081	1	RIB	183x60x18	1.0570	
1.082	1	RIB	124x120x65	1.0570	
1.083	1	RIB	550x40x65	1.0570	
1.084	1	RIB	550x40x65	1.0570	
1.085	1	RIB	550x40x65	1.0570	
1.086	1	RIB	216x170x65	1.0570	
1.087	1	RIB	190x113x65	1.0570	
1.088	1	RIB	550x40x65	1.0570	
1.089	1	RIB	550x40x65	1.0570	
1.090	1	RIB	290x221x65	1.0570	
1.091	1	PLATE	180x60x18	1.0570	
1.092	1	RIB	550x40x65	1.0570	
1.093	1	RIB	140x101x65	1.0570	
1.094	1	RIB	550x40x65	1.0570	
1.095	1	RIB	188x40x65	1.0570	
1.096	1	RIB	188x40x65	1.0570	
1.097	1	PLATE_FORK	176x50x20	1.0570	
1.098	1	PLATE_FORK	176x50x20	1.0570	
1.099	1	SCRAP CHUTE	Use as required	1.4016	
1.105	1	RETAINER PLATE	50x32x25	1.2363	
1.106	1	RETAINER PLATE	54x34x25	1.2363	
1.107	1	SCRAP TRIM STEEL	23x17x55	1.2379	60+2
1.109	1	MIDDLE PLATE	120x80x45	1.0570	
1.110	1	MIDDLE PLATE	120x80x45	1.0570	
1.113	1	INSERT FORMING	93x45x7	1.2379	56 – 58+2

1.114	1	INSERT FORMING	93x45x7	1.2379	56 – 58+2
1.115	1	BRACKET	155x100x95	1.2363	
1.116	1	RETAINER PLATE	119x34x25	1.2363	
1.117	1	MARKING DATE PUNCH	7x4x30,7	1.2379	56 – 58+2
1.118	1	MARKING DATE RETAINER	51x13x30	1.2363	
1.119	1	MARKING DATE BACKING PLATE	50,5x12,5x5	1.2363	56+2
1.120	8	GUIDE BUSH	2082.70.050		
1.121	16	SCREW CLAMP	2072.45.10		
1.122	23	GAS SPRING MICRO	2482.74.00090.035.2		
1.123	1	SPRING PLUNGER	2472.01.012		
1.124	1	SPRING	241.14.10.032		
1.151	1	MATRIX	ADX 20 A25 M2 P8,56 X81-0		
1.153	1	MATRIX	AHX 20 A25 M2 P8,71		
1.154	1	MATRIX	AHX 20 A25 M2 P8,71		
1.155	1	MATRIX	AHX 25 A25 M2 P12,91		
1.200	2	SENSOR	1055453		
3.001	1	UPPER PLATE	1600x700x40	1.0570	
3.003	1	MOUNTING PLATE	730x560x50	1.0570	
3.004	1	MOUNTING PLATE	865x560x50	1.0570	
3.007	1	INSERT FORMING	95x59,5x12,5	1.2379	56 – 58+2
3.008	1	INSERT FORMING	95x59,5x12,5	1.2379	56 – 58+2
3.009	1	INSERT FORMING	90x86,6x124	1.2379	56 – 58+2
3.010	1	PUNCH	25x12x110	1.2379	60+2
3.011	1	RETAINER FOR PUNCH	70x55x35	1.2363	
3.012	1	DISTANCE PLATE FOR PUNCH	70x55x10	1.2363	56+2
3.013	1	PUNCH	25,4x13,5x97	1.2379	60+2
3.014	1	PUNCH	72,1x78,5x110	1.2379	60+2
3.015	1	PUNCH	25,6x13,5x97	1.2379	60+2
3.016	1	PUNCH	72,1x78,5x110	1.2379	60+2
3.017	1	PUNCH	27x25x97	1.2379	60+2
3.018	1	DISTANCE PLATE FOR PUNCH	135x125x10	1.2363	56+2
3.019	1	RETAINER FOR PUNCH	80x60x35	1.2363	
3.020	1	DISTANCE PLATE FOR PUNCH	80x60x10	1.2363	56+2
3.021	1	RETAINER FOR PUNCH	65x60x35	1.2363	

3.022	1	RETAINER FOR PUNCH	135x125x30	1.2363	
3.023	1	DISTANCE PLATE FOR PUNCH	65x60x10	1.2363	56+2
3.024	1	INSERT FORMING	ø30X96,5	1.2379	56 – 58+2
3.025	1	INSERT FORMING	90x86,6x124	1.2379	56 – 58+2
3.026	1	INSERT FORMING	95x81x134,5	1.2379	56 – 58+2
3.027	1	DISTANCE PLATE	88x84,5x5	1.0570	
3.028	1	DISTANCE PLATE	93x79x5	1.0570	
3.030	1	INSERT FORMING	95x81x134,5	1.2379	56 – 58+2
3.031	1	DISTANCE PLATE	93x79x5	1.0570	
3.032	1	DISTANCE PLATE	88x84,5x5	1.0570	
3.033	1	FORMING STAMP	95x83,5x134,5	1.2379	56 – 58+2
3.034	1	FORMING STAMP	95x83,5x134,5	1.2379	56 – 58+2
3.035	1	DISTANCE PLATE	93x79x5	1.0570	
3.037	1	DISTANCE BLOCK	90x40x30	1.2363	
3.040	1	RETAINER FOR PUNCH	45x42x30	1.2363	
3.041	1	RETAINER FOR PUNCH	45x40x30	1.2363	
3.042	1	RETAINER FOR PUNCH	200x75x30	1.2363	
3.043	1	DISTANCE PLATE FOR PUNCH	200x75x7	1.2363	56+2
3.045	1	DISTANCE PLATE FOR PUNCH	65x60x10	1.2363	56+2
3.046	1	DISTANCE PLATE FOR PUNCH	130x125x10	1.2363	56+2
3.047	1	RETAINER FOR PUNCH	65x60x35	1.2363	
3.048	1	RETAINER FOR PUNCH	130x125x30	1.2363	
3.052	1	DISTANCE PLATE FOR PUNCH	50,5x50,1x7	1.2363	56+2
3.054	1	DISTANCE PLATE	93x79x5	1.0570	
3.057	1	BRACKET FOR MARKING PUNCH	50x47x96,5	1.2363	56+2
3.059	4	DISTANCE BLOCK	ø50X28	1.2363	
3.060	10	DISTANCE BLOCK	ø50X30	1.2363	
3.061	6	DISTANCE BLOCK	ø60X80	1.2363	
3.067	1	DISTANCE PLATE FOR PUNCH	50,5x50,1x7	1.2363	56+2
3.068	2	DISTANCE BLOCK	90x30x30	1.2363	
3.069	8	SLOT_PLATE	90X65X10	1.0570	
3.070	4	SLOT_PLATE	170x70x10	1.0570	
3.100	8	GUIDE PILLAR	2021.29.050.280		
3.101	8	RETAINING DISC WITH SCREW	2021.43.050		

3.102	4	BACKUP KEY	80X22X80	1.0503	
3.103	4	FLAT GUIDE BAR	2961.75.058.075		
3.104	8	SCREW CONNECTION	2480.00.28.15		
3.105	27	GAS SPRING	2487.12.01000.050.1		
3.106	2	MULTIPLE CONTROL	2480.00.34.13		
3.110	14	SCREW CONNECTION	2480.00.28.14		
3.111	6	SCREW CONNECTION	2480.00.28.17		
3.112	4	SCREW CONNECTION	2480.00.28.01		
3.113	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0170		
3.114	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0230		
3.115	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0340		
3.117	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0260		
3.118	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0210		
3.119	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0240		
3.120	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0140		
3.121	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0220		
3.122	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0180		
3.123	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0420		
3.124	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0170		
3.125	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0160		
3.126	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0140		
3.127	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0320		
3.128	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0240		
3.129	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0240		
3.130	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0170		
3.131	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0190		
3.135	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0180		
3.137	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0170		
3.138	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0140		
3.140	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0240		
3.146	1	PUNCH	AJX 13 19100 M2 P8 X2		
3.147	1	RETAINER FOR PUNCH	ARTS13		
3.148	1	PUNCH	AJX 13 19100 M2 P10 X2		
3.150	1	PUNCH	AJX 13 19100 M2 P8,15 X2		

3.151	1	PUNCH	AJX 13 19100 M2 P8,15 X2		
3.152	1	RETAINER FOR PUNCH	ARTS13		
3.154	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0170		
3.155	12	SPRING SPACE UNIT	244.16.230.110.140		
3.156	4	SPRING SPACE UNIT	244.16.230.110.140		
3.157	12	SHOCK ABSORBING WASHER	2450.6.23.034.04		
3.158	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0230		
3.160	5	JEKTOLE	J9M		
3.162	1	JEKTOLE	J9M		
3.163	1	PUNCH	AJX 13 19100 M2 P12,35 X2		
3.166	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0180		
3.167	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0150		
3.168	1	CONNECTION HOSE	2480.00.27.01.0240		
4.001	1	UPPER PAD	730x560x47	1.0570	
4.002	1	UPPER PAD	865x560x47	1.0570	
4.007	1	STRIPPER PLATE	105x100x19,5	1.2379	56+2
4.010	1	STRIPPER PLATE	225x150x19,5	1.2379	56+2
4.011	1	STRIPPER PLATE	165x101x19,5	1.2379	56+2
4.012	1	STRIPPER PLATE	190x120x19,5	1.2379	56+2
4.013	1	STRIPPER PLATE	225x85x19,5	1.2379	56+2
4.015	1	STRIPPER PLATE	140x90x19,5	1.2379	56+2
4.016	1	STRIPPER PLATE	170x90x19,5	1.2379	56+2
4.017	1	STRIPPER PLATE	340x100x19,5	1.2379	56+2
4.019	1	STRIPPER PLATE	135x100x19,5	1.2379	56+2
4.020	8	DISTANCE BLOCK	60x20x22,8	1.2363	
4.021	10	DISTANCE BLOCK	60x20x22,8	1.2363	
4.023	4	DISTANCE BLOCK	30x16x60	1.2363	
4.030	12	FINGER	ø13X29,5	1.2379	58+2
4.031	2	FINGER	ø18X33,1	1.2379	58+2
4.055	8	GUIDE BUSH	2082.70.050		
4.056	16	SCREW CLAMP	2072.45.10		
4.060	24	EJECTOR PIN	237.1.0500.040		
4.061	24	SPRING	241.14.10.032		

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carreño, L. A. (2012). Diseño de troquel para el proceso de corte fino usando herramientas CAD-CAE. *Memorias del XVIII congreso internacional anual de la SOMIM*, 10.

Agrarias, E. d. (s.f.). *unaduni.wikispaces.* Obtenido de Tema7refrigeracion.pdf: https://unaduni.wikispaces.com/file/view/Tema7refrigeracion.pdf

ASCAMM. (s.f.). Defectos en piezas matrizada. En C. tecnológico.

Marín Villar, C. (2009). Metal actual. En *Troqueles y troquelado para la producción de grandes series de piezas* (págs. 16-22).

Rossi, M. (1979). *Estampado en frío de la chapa.* Suiza: DOSSAT.

UNE. (s.f.). 36001.

Groover, M. (2010). Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems (4 ed.). New Jersey: J. Willey.